ADMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :

INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie - Redactie :

NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, Bois du Val Benoit, rue du Chéra — TEL. (04) 52.71.50

MAI 1973 Mensuel — N° 5 — Maandelijks **MEI 1973**

ADMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :

INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie - Redactie :

NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, Bois du Val Benoit, rue du Chéra — TEL. (04) 52.71.50

Renseignements statistiques. - Statistische inlichtingen. — Journée des Carriers organisée par l'Institut National des Industries Extractives à Liège, le 12 décembre 1972. - Dag van de groeveuitbaters georganiseerd door het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven te Luik, op 12 december 1972. Exposés par - Verslagen door : J. Brych, R. Brigode, R. Vandeloise, P. Goffart, H. van Duyse, F. Van Elsen, Ph. Dumont, J. Bricteux, C. Michaux. — J. CONIL, P. WELSCHEN, H. van DUYSE : Creusement de deux bouveaux d'accès au charbonnage d'Aiseau-Presle. — INIEX : Revue de la littérature technique.

MAI 1973 — Mensuel — N° 5 — Maandelijks — **MEI 1973**

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

n° 5 — mai 1973

ANNALEN DER MIJNEN VAN BELGIE

nr. 5 — mei 1973

Direction-Rédaction :
INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie-Redactie :
NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, Bois du Val Benoit, rue du Chéra — TEL. (04) 52.71.50

Sommaire - Inhoud

EDITION - ABONNEMENTS - PUBLICITE - UITGEVERIJ - ABONNEMENTEN - ADVERTENTIES

1050 BRUXELLES • EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES • 1050 BRUSSEL

Rue Borrens, 35-43 - Borrensstraat — TEL. 48.27.84 - 47.38.52

Dépôt légal : D/1973/0168

Wettelijke depot : D/1973/0168

BASSINS MINIERS / MIJNBEKKENS — Périodes / Perioden	Production nette / Netto produktie t	Consomm. propre et Fournit. au pers. / Eigen verbr. en levering aan het pers.	Stocks / Voorraden t	Jours ouvrés / Gewerkte dagen	PERSONNEL — PERSONEEL: Nombre d'ouv. présents / Aantal aanwezig arb. — Fond / Ondergrond	Fond et surface / Onder- en bovengrond	Indices - Indices: Taille / Pijler	Fond / Ondergrond	Fond et surface / Onder- en bovengrond	Rendement (kg) / Rendement (kg): Fond / Ondergrond	Fond et surface / Onder- en bovengrond	Présences (1) / Aanw. (%): Fond / Ondergrond	Fond et surface / Onder- en bovengrond	Mouvem. main-d'œuvre / Werkkrachten schomm.: Belges / Belgen	Etrangers / Vreemdel.	Total / Totaal	Grisou capté et valorisé / Opgevangen en gevaloriseerd mijngas — m³ à 8.500 kcal 0° C - 760 mm Hg
Hainaut - Henegouwen	6.899	18.456	63.308	22,00	4.484	6.424	0,244	0,397	0,833	1.755	1.201	71,33	73,99	— 230	— 211	— 441	4.573.229
Liège - Luik	3.443	9.666	35.997	22,00	2.236	3.205	0,232	0,394	0,825	1.732	1.211	75,68	78,46	— 16	— 21	— 37	
Campine - Kempen	23.131	72.702	330.153	22,00	10.608	14.698	0,098	0,247	0,536	2.610	1.866	87,48	98,92	— 468	+ 6	— 462	836.912
Le Royaume - Het Rijk	33.473	100.824	429.458	22,00	17.328	24.327	0,139	0,293	0,627	2.265(3)	1.595(3)	81,50	83,34	— 714	— 226	— 940	5.410.141(2)
1972 Décembre - December	775.995	88.414	472.360	18,88	18.420	25.594	0,140	0,455	0,644	2.197	1.552	83,03	85,14	— 63	— 187	— 250	3.797.448
Novembre - November	856.702	91.550	546.308	20,28	18.724	26.157	0,137	0,448	0,634	2.235	1.578	81,28	83,81	— 89	— 49	— 138	3.590.972
Janvier - Januari	928.801	99.590	440.546	21,00	19.279	27.066	0,141	0,444	0,631	2.254	1.584	82,14	84,10	— 169	—	— 169	4.904.136
1970 M.M.	1.022.392	93.227	214.909	18,80	21.479	30.162	0,157	0,438	0,625	2.284	1.599	83,13	85,37	— 151	— 146	— 297	4.555.460
1968 M.M.	1.233.846	94.468	1.735.082	20,28	30.101	40.787	0,184	0,506	0,705	1.976	1.418	83,55	85,55	— 200	— 315	— 515	5.393.912
1967 M.M.	1.369.570	96.697	2.643.697	20,31	35.131	47.637	0,202	0,541	0,748	1.847	1.336	85,14	86,78	— 208	— 382	— 590	5.886.368
1966 M.M.	1.458.276	104.342	3.045.509	19,72	40.231	54.455	0,219	0,569	0,787	1.758	1.270	85,07	86,66	— 435	— 617	—1052	4.938.413
1964 M.M.	1.775.376	118.885	1.488.665	21,33	50.710	68.032	0,237	0,635	0,866	1.574	1.155	83,71	85,66	— 291	+ 323	+ 32	5.514.722
1962 id.	1.768.804	124.240	1.350.544	21,56	52.028	71.198	0,224	0,610	0,853	1.624	1.156	81,17	83,82	— 411	+ 2	— 409	5.848.183
1960 id.	1.872.443	176.243	6.606.610	20,50	51.143	71.460	0,268	0,700	0,983	1.430	1.018	81,18	83,70	— 753	— 745	—1498	5.702.727
1956 id.	2.455.079	254.456	179.157	23,43	82.537	112.943	0,35	0,86	1,19	1.156	838	84,21	86,29	— 357	— 300	— 657	7.443.776
1948 id.	2.224.261	229.373	840.340	24,42	102.081	145.366	—	1,14	1,64	878	610	—	85,88	—	—	—	—
1938 id.	2.465.404	205.234	2.227.260	24,20	91.945	131.241	—	0,92	1,33	1.085	753	—	—	—	—	—	—
1913 id.	1.903.466	187.143	955.890	24,10	105.921	146.084	—	1,37	1,89	731	528	—	—	—	—	—	—
1972 Semaine du 14.4 au 20.4 / Week van 14.4 tot 20.4	205.165	—	498.488	4,98	18.612	26.518	—	—	—	2.223	1.582	80,00	84,00	—	—	—	—

N. B. — (1) Uniquement les absences individuelles. — Alléén individuële afwezigheid.
(2) Dont environ 5 % non valorisé. — Waarvan ongeveer 5 % niet gevaloriseerd.
(3) Sans les effectifs de maîtrise et de surveillance : Fond : 2.604 — Fond et surface : 1.798. — Zonder de sterkte van meester- en toezichtspersoneel : Ondergrond : 2.604 — Onder- en bovengrond : 1.798.

BELGIQUE — FOURNITURE DE CHARBONS BELGES AUX DIFFERENTS SECTEURS ECONOMIQUES — JANVIER 1973
BELGIE — LEVERING VAN BELGISCHE STEENKOLEN AAN DE VERSCHEIDENE ECONOMISCHE SECTORS t — JANUARI 1973

PERIODES / PERIODEN	Foyers domestiques, artisanat, commerce, administrations publiques	Huisbrand, kleinbedrijf, handel, openbare diensten	Cokeries / Cokesfabrieken	Fabriques d'agglomérés / Agglomeratenfabr.	Centrales électr. publiques / Openbare elektr. centrales	Sidérurgie / Ijzer- en staalnijverheid	Fabrications métall. / Metaalverwerkende nijverheden	Métaux non ferreux / Non-ferro metalen	Chimie / Chemische nijverh.	Chemins de fer et autres transports / Spoorwegen en ander vervoer	Textiles, habillement, cuir / Textiel, kleding, leder	Denr. alim., boissons, tabacs / Voedingswaren, dranken, tabak	Produits minéraux non métalliques	Niet metalen delfstoffen	Pâtes à papier, papier / Papierpulp, papier	Industries diverses / Allerlei nijverheidstakken	Exportations / Uitvoer	Total du mois / Tot. v. d. maand
1973 Janvier - Januari		74.668	465.937	48.680	171.898	9.443	1.086	5.799	1.490	1.446	455	855		6.148	4.610	1.247	28.613	822.375
1972 Décembre - December		71.256	444.826	42.429	151.148	10.774	1.068	5.219	1.017	1.573	452	2.006		4.647	4.335	1.383	34.918	777.051
Novembre - November		75.197	490.102	40.651	159.257	11.699	1.439	6.413	230	1.132	208	4.398		3.279	4.397	832	39.227	838.461
Janvier - Januari		94.993	433.004	51.502	152.590	13.409	1.174	6.064	815	1.638	263	1.027		2.007	4.424	6.988	28.748	798.646
1970 M.M.		112.550	464.180	54.101	18.468	11.596	19.132	10.100	425	2.370	388	4.161		6.725	4.191	4.359	44.102	925.190
1969 M.M.		132.890	519.889	51.651	271.629	13.387	2.502	12.188	374	2.630	521	5.564		9.328	4.790	3.035	74.823	1.105.199
1968 M.M.		166.544	510.582	63.687	316.154	10.976	2.595	10.189	1.129	3.241	588	6.703		11.598	4.382	3.566	95.376	1.207.310
1967 M.M.		179.557	511.078	66.778	322.824	12.848	3.358	12.199	1.900	3.861	1.033	5.946		17.630	4.454	4.134	125.871	1.273.471
		(2)												(3)				
1966 M.M.	174.956	12.534	466.091	76.426	334.405	13.655	4.498	15.851	6.366	7.955	1.286	5.496	15.996	11.063	5.558	14.288	99.225	1.265.649
1964 M.M.	217.027	14.940	526.285	112.413	294.529	8.904	7.293	21.429	13.140	23.176	2.062	13.632	22.867	57.211	10.527	15.150	169.731	1.530.316
1962 M.M.	278.231	13.871	597.719	123.810	341.233	8.112	10.370	21.796	23.376	45.843	3.686	17.082	26.857	65.031	13.549	20.128	223.832	1.834.526
1960 M.M.	266.847	12.607	619.271	84.395	308.910	11.381	8.089	28.924	18.914	61.567	6.347	20.418	38.216	58.840	14.918	21.416	189.581	1.770.641
1956 M.M.	420.304	15.619	599.722	139.111	256.063	20.769	12.197	40.601	41.216	91.661	13.082	30.868	64.446	71.682	20.835	32.328(1)	353.828	2.224.332
1952 M.M.	480.657	14.102	708.921 (1)		275.218	34.685	16.683	30.235	37.364	123.398	17.838	26.645	63.591	81.997	15.475	60.800	209.060	2.196.669

N. B. — (1) Y compris le charbon fourni aux usines à gaz. — Daarin begrepen de aan de gasfabrieken geleverde steenkolen.
(2) Fourniture aux administrations publiques. — Levering aan de openbare diensten.
(3) Fourniture aux cimenteries. — Levering aan de cementfabrieken.

GENRE PERIODE / AARD PERIODE	Fours en activité - Ovens in werking: Batteries Batterijen	Fours Ovens	Charbon - Steenkolen (t) Reçu - Ontv.: Belge Inheemse	Etranger Uitheemse	Enfourné In de oven geladen	Huiles combustibles Stookolie (t)	COKE - COKES (t) Production - Produktie: Gros coke Dikke cokes > 80 mm	Autres Andere	Total Totaal	Consomm. propre Eigen verbruik	Livr. au personnel Levering aan pers.	Débit - Afzet: Sect. domest., artisanat et admin. publ. / Huis. sektor, kleinbedrijf en openb. diensten (2)	(3)	Sidérurgie IJzer- en staalnijverheid	Centr. électr. publiques Openb. elektr. centrales	Transports Vervoer	Autres secteurs Andere sektors	Exportation Uitvoer	Total Totaal	Stock fin de mois Voorraad einde maand (t)	Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeid.
Gras A et B . . . / Vetkool A en B . .			446.053	398.259	835.264																
Autres - Andere . .			21.948	17.938	40.860																
Le Royaume - Het Rijk	45	1.492	468.001	416.197	876.124		569.064	115.215	684.279	40	2.016		7.936	629.278	13	268	23.437	33.177	694.109	197.162	3.062
1972 Déc. - Dec.	45	1.492	459.173	351.787	866.459		557.371	111.498	668.869	280	1.880		7.174	622.230	35	441	23.874	40.567	694.321	203.957	3.018
Nov. - Nov.	45	1.492	473.925	433.194	815.027		532.250	103.933	636.183	84	2.051		3.964	592.482	—	276	26.543	40.741	664.006	226.232	3.002
Janv. - Jan.	42	1.394	432.615	246.732	679 347		449.004	101.598	552.429	251	2.600		7.275	515.827	16	2.619	23.682	29.709	579.128	213.342	3.075
1970 M.M.	42	1.378	471.981	335.828	771.875	(4)	483.060	110.208	593.267	196	2.830		6.162	486.084	39	1.176	41.698	50.362	585.521	688.236	3.041
1969 M.M.	41	1.379	515.282	266.488	781.952	(4)	503.144	100.930	604.075	367	3.066		9.084	513.846	21	903	39.480	40.250	563.335	82.874	3.039
1968 M.M.	43	1.431	510.733	269.531	785.596	(4)	494.007	109.853	603.590	282	3.397		11.318	493.621	29	1.186	40.536	55.880	502.570	118.142	3.165
1967 M.M.	43	1.442	501.276	247.575	744.976	1.210	463.687	107.755	571.442	466	4.173		10.678	454.308	362	928	41.099	64.028	571.403	132.940	3.289
												(2)	(3)								
1966 M.M.	46	1.500	465.298	283.631	757.663	1.468	461.970	118.145	[illegible]	1.306	5.142	11.595	1.342	442.680	117	1.010	44.278	66.884	567.906	188.726	3.524
1964 M.M.	49	1.581	520.196	283.612	805.311	840	485.178	131.291	616.429	1.759	5.640	13.562	1.833	483.554	83	1.209	48.159	59.535	607.935	161.531	3.998
1962 M.M.	43	1.439	581.012	198.200	778.073	951	481.665	117.920	599.585	6.159	5.542	14.405	2.342	473.803	159	1.362	46.384	53.450	591.905	217.789	4.310
1960 M.M.	51	1.668	614.508	198.909	811.811	23.059(1)	502.323	124.770	627.093	7.803	5.048	12.564	2.973	468.291	612	1.234	49.007	82.218	616.899	269.877	3.821
1956 M.M.	44	1.530	601.931	196.725	784.875	10.068(1)	492.676	113.195	605.871	7.228	5.154	15.538	5.003	433.510	1.918	2.200	56.636	76.498	591.308	87.208	4.137
1948 M.M.	47	1.510	454.585	157.180	611.765	—	373.488	95.619	469.107	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.463
1938 M.M.	56	1.669	399.063	158.763	557.826	—	—	—	366.543	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.120
1913 M.M.	—	2.898	233.858	149.621	383.479	—	—	—	293.583	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.229

N.B. — (1) En hl. - In hl. — (2) Secteur domestique et artisanat - Huisbrand en kleinbedrijf. — (3) Administrations publiques - Openbare diensten. — (4) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

BELGIQUE / BELGIE

COKERIES / COKESFABRIEKEN

GENRE PERIODE / AARD PERIODE	Gaz - Gas 1.000 m³, 4.250 kcal, 0° C, 760 mm Hg: Production Produktie	Consomm. propre Eigen verbruik	Débit - Afzet: Synthèse Ammon. fabr.	Sidérurgie Staalnijverh.	Autres indus. Andere bedr.	Centrales élec. Elek. centrales	Sous-produits Bijprodukten (t): Goudron brut Ruwe teer	Ammoniaque Ammoniak	Benzol
Gaz de fours - Hoogovengas.	304.236	126.846	31.403	83.157	9.267	53.539	—	—	—
Autres - Andere	—	32.174	—	6.410	478	—	—	—	—
Le Royaume - Het Rijk	304.236	159.020	31.403	89.567	9.745	53.539	25.009	4.046	5.187
1972 Décembre - December	296.729	153.786	21.873	97.299	8.816	54.701	24.082	4.261	5.202
Novembre - November	282.830	148.028	19.945	91.956	8.641	52.097	23.154	4.260	4.968
Janvier - Januari	246.440	123.199	20.440	94.621			21.000	3.961	3.899
1970 M.M.	264.156	132.455	19.397	80.926			19.471	3.995	4.586
1969 M.M.	266.093	131.627	22.652	83.604			20.527	5.141	5.366
1968 M.M	273.366	131.861	32.096	81.331			21.841	5.874	5.567
1967 M.M.	260.580	122.916	36.041	78.819			21.176	6.229	4.923
1966 M.M.	262.398	124.317	47.994	71.338			21.297	6.415	5.053
1964 M.M.	282.815	132.949	75.748	69.988			23.552	6.764	5.470
1962 M.M.	280.103	128.325	69.423	17.162			23.044	6.891	5.239
1960 M.M.	283.038	133.434	80.645	64.116			22.833	7.043	5.870
1956 M.M.	267.439	132.244	78.704	56.854			20.628	7.064	5.569
1948 M.M.	105.334	—	—	—			16.053	5.624	4.978
1938 M.M	75.334	—	—	—			14.172	5.186	4.63[illegible]

FABRIQUES D'AGGLOMERES / AGGLOMERATENFABRIEKEN

JANVIER 1973 / JANUARI 1973

PERIODE / PERIODE	Production - Produktie (t): Boulets Eierkolen	Briquettes Briketten	Total Totaal	Consommation propre Eigen verbruik (t)	Livraison au personnel Lever. aan het personeel (t)	Mat. prem. Grondstoffen (t): Charbon Steenkool	Brai Pek	Ventes et cessions Verkocht en afgestaan (t)	Stock fin du mois Voorraad einde maand (t)	Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeid.
1973 Janv. - Jan.	55.465	860	56.325	2.353	19.509	52.195	4.682	36.255	9.772	150
1972 Déc. - Dec.	50.801	1.125	51.926	1.860	18.853	48.709	4.102	34.283	11.583	168
Nov. - Nov.	51.020	910	51.930	2.136	19.112	47.076	3.997	30.350	14.662	163
Janv. - Jan.	59.137	1.165	60.302	1.162	20.865	54.846	4.783	40.390	22.704	201
1970 M.M.	59.178	2.920	62.098	2.101	16.990	58.556	4.751	43.469	24.951	230
1969 M.M.	62.954	3.165	66.119	2.318	15.132	58.289	5.564	49.335	21.971	268
1968 M.M.	64.766	3.820	68.586	3.364	14.784	65.901	5.404	51.061	30.291	316
1967 M.M.	67.755	4.632	72.387	4.460	13.382	68.756	5.983	55.594	37.589	438
1966 M.M.	75.315	5.645	80.950	2.316	16.191	78.302	6.329	65.598	48.275	482
1964 M.M.	109.081	10.337	119.418	2.425	17.827	85.138	7.124	70.576	37.623	478
1962 M.M.	119.386	14.134	133.520	2.920	16.708	127.156	10.135	114.940	5.315	577
1960 M.M.	77.240	17.079	94.319	2.282	12.191	84.464	7.060	77.103	32.920	473
1956 M.M.	116.258	35.994	152.252	3.666	12.354	142.121	12.353	133.542	4.684	647
1948 M.M.	27.014	53.384	80.848	—	—	74.702	6.625	—	—	563
1938 M.M.	39.742	102.948	142.690		—	129.797	12.918	—	—	873
1913 M.M.	—	—	217.387		—	197.274	—	—	—	1.911

BELGIQUE / BELGIE — BRAI / PEK t — JANVIER 1973 / JANUARI 1973

PERIODE	Quantités reçues - Ontvangen hoeveelheden: Orig. indig. / Inh. oorspr.	Importations / Invoer	Total / Totaal	Consomm. totale / Totaal verbruik	Stock fin du mois / Voorr. einde maand	Exportations / Uitvoer
1973 Janvier - Januari.	4.726	—	4.726	4.682	5.608	—
1972 Déc. - Dec.	4.748	—	4.748	4.102	5.562	3.118(1)
Nov. - Nov.	3.997	—	3.997	4.206	4.918	—
Janvier - Januari.	4.185	—	4.185	4.783	6.249	175
1970 M.M.	4.594	168	4.762	4.751	6.530	193
1969 M.M.	5.187	6	5.193	5.564	8.542	—
1968 M.M.	4.739	86	4.825	5.404	14.882	274
1967 M.M.	4.400	40	4.440	5.983	23.403	482
1966 M.M.	4.079	382	4.461	6.329	46.421	398
1964 M.M.	6.515	7.252	13.767	9.410	82.198	1.080
1962 M.M.	8.832	1.310	10.142	10.135	19.963	—
1956 M.M.	7.019	5.040	12.059	12.125	51.022	1.281
1952 M.M.	4.624	6.784	11.408	9.971	37.357	2.014

(1) oct. - déc. — okt. - dec.

BELGIQUE / BELGIE — METAUX NON-FERREUX / NON FERRO-METALEN — DECEMBRE 1972 / DECEMBER 1972

PERIODE	Produits bruts - Ruwe produkten: Cuivre / Koper (t)	Zinc / Zink (t)	Plomb / Lood (t)	Etain / Tin (t)	Alum., Antim., Cadm., etc (t) / Alum., Antim., Cadm., enz. (t)	Poussières de zinc (t) / Zinkstof (t)	Total / Totaal (t)	Argent, or platine, etc. / Zilver, goud, plat., enz. (kg)	Demi-finis - Half. pr.: Mét. préc. exc. / Edele metalen uitgezonderd (t)	Argent, or, platine, etc. / Zilver, goud, plat., enz. (kg)	Ouvriers occupés / Te werk gestelde arbeiders
1972 Déc. - Dec.	31.233	23.755	9.487	583	639	3.661	69.358	69.136	36.992	2.649	14.962
Nov. - Nov.	30.752	23.132	9.056	582	637	3.675	67.834	69.132	44.417	2.916	15.150
Oct. - Okt.	28.686	22.289	6.970	525	605	3.753	68.828	62.503	45.711	2.785	14.984
1971 Déc. - Dec.	30.746	20.516	7.763	489	612	3.941	64.070	54.420	40.978	2.667	15.478
1970 M.M.	29.423	19.563	3.707	477	585	8.673	62.428	76.259	36.333	3 320	16.689
1969 M.M.	25.077	21.800	9.366	557	594		57.393	121.561	36.007	2.451	16.462
1968 M.M.	28.409	20.926	9.172	497	482		59.486	85.340	32.589	1.891	15.881
1967 M.M.	26.489	18.944	8.983	514	419		55.349	41.518	29.487	1.981	16.330
1966 M.M.	25.286	20.976	7.722	548	596		55.128	37.580	32.828	2 247	18.038
1964 M.M.	23.844	18.545	6.943	576	640		50.548	35.308	29.129	1.731	17.510
1962 M.M.	18.453	17.180	7.763	805	638		44.839	31.947	22.430	1 579	16 461
1956 M.M.	14.072	19.224	8.521	871	648		43.336	24.496	16.604	1 944	15.919
1952 M.M.	12.035	15.956	6.757	850	557		36.155	23.833	12.729	2 017	16.227

BELGIQUE-BELGIE — SIDERU[…]

PRODUCT[…]

PERIODE / PERIODE	Hauts fourneaux en activité / Hoogovens in werking	Produits bruts - Ruwe produkten: Fonte / Gietijzer	Acier en lingots / Staalblokken	Acier moulé av. ébard. / Gegoten staal voor afboording	Produits demi-finis - Half-produkten: Pour relamin. belges / Voor Belg. herwalsers	Autres / Andere	Aciers marchands / Handelsstaal	Profilés / Profielstaal	Rails et accessoires / Spoorstaven en toebehoren
1973 Janvier - Januari	37	1.120.378	1.062.484	7.232	68.791	117.086	256.179	120.969	1.771
1972 Décembre - December	37	1.098.082	1.350.735	6.748	95.318	122.228	206.435	113.632	2.372
Novembre - November	37	1.048.391	1.302.305	7.663	66.163	102.070	229.723	121.292	2.572
Janvier - Januari	37	940.601	1.140.154	7.479	33.578	74.024	233.243	85.050	3.269
1970 M.M.	41	895.076	1.050.953	8.875	51.711	77.649	20.684	77.345	3.139
1969 M.M.	42	924.332	1.069.748	(3)	56.695	69.424	217.770	67.378	4.150
1968 M.M.	41	864.209	964.389	(3)	45.488	58.616	202.460	52.360	3.689
1967 M.M.	40	741.832	809.671	(3)	49.253	56.491	180.743	42.667	2.984
1966 M.M.	40	685.805	743.506	(3)	49.224	63.777	167.800	38.642	4.486
1964 M.M.	44	673.548	727.548	(3)	52.380	80.267	174.098	35.953	3.382
1962 M.M.	45	562.378	613.479	4.805	56.034	49.495	172.931	22.572	6.976
1960 M.M.	53	546.061	595.060	5.413	150.669	78.148	146.439	15.324	5.337
1956 M.M.	50	480.840	525.898	5.281	60.829	20.695	153.634	23.973	8.315
				(1)					
1948 M.M.	51	327.416	321.059	2.573	61.951		70.980	39.383	9.853
1938 M.M.	50	202.177	184.369	3.508	37.839		43.200	26.010	9.337
1913 M.M.	54	207.058	200.398	25.363	127.083		51.177	30.219	28.489

N.B. — (1) Fers finis - Afgewerkt ijzer. — (2) Tubes soudés - Gelaste pijpen. — (3) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

Importations - Invoer (t)

Pays d'origine / Land van herkomst / Période / Periode / Répartition / Verdeling	Charbon / Steenkolen	Coke / Cokes	Agglomérés / Agglomeraten	Lignite / Bruikolen
C.E.C.A. - E.G.K.S.				
Allem. Occ. - W. Duitsl.	236.138	22.429	508	1.900
France - Frankrijk	16.149	30.480	47	—
Pays-Bas - Nederland	44.788	24.163	21.520	—
Total - Totaal	297.075	77.072	22.075	1.900
PAYS TIERS - DERDE LANDEN :				
All. Or. - Oost Duitsl.	—	—	—	200
E.U.A. - V.S.A.	101.838	—	—	—
URSS - USSR	1.819	7.809	—	—
Pologne - Polen	127.644	—	—	—
Portugal - Portugal	—	3.995	—	—
Tchécoslovaquie - Jsjechoslovakije	16.073	8.742	—	—
Australie - Australië	25.721	—	—	—
Total - Totaal	273.095	20.546	—	200
Ens. Janv. - 1973 Samen Jan.	570.170	97.618	22.075	2.100
1972 Décembre - December	664.628	70.331	15.350	2.929
Novembre - November	634.609	53.176	16.844	2.553
Janvier - Januari	436.905	70.967	20.795	1.925
1970 M.M.	630.584	27.577	22.637	3.547
Repartition - Verdeling :				
1) Sect. dom. - Huisel. sektor.	153.531	869	22.055	2.100
2) Sect. ind. - Nijverheidssekt.	438.398	96.766	20	—
3) Réexportation - Wederuit.	918	—	—	—
4) Mouv. stocks - Schom. voor.	—22.677	— 17	—	—

Exportations - Uitvoer (t)

Destination / Land van bestemming	Charbons / Steenkolen	Cokes / Cokes	Agglomérés / Agglomeraten
Royaume Uni - Veren. Konink.	—	460	—
Allemagne Occ. - W. Duitsl.	22.833	7.735	587
France - Frankrijk	4.980	8.238	2.906
Luxembourg - Luxemburg	75	—	—
Pays-Bas - Nederland	725	1.349	—
Total - Totaal	28.613	17.782	3.493
PAYS TIERS - DERDE LANDEN			
Finlande - Finland	—	1.400	—
Suède - Zweden	—	12.054	—
Suisse - Zwitserland	—	1.921	25
Divers - Allerlei	—	20	10
Total - Totaal	—	15.395	35
Ens. Janv. - 1973 Samen Jan.	28.613	33.177	3.528
1972 Décembre - December	35.917	40.567	5.177
Novembre - November	39.227	40.741	4.103
Janvier - Januari	28.748	29.709	4.279
1970 M.M.	44.106	53.162	7.618

R- EN STAALNIJVERHEID — JANVIER-JANUARI 1973

DUCTIE t

Fil machine / Walsdraad	Tôles fortes / Dikke platen ≥ 4,76 mm	Tôles moyennes / Middeldikke platen 3 à 4,75 mm / 3 tot 4,75 mm	Larges plats / Universeel staal	Tôles fines noires / Dunne platen niet bekleed	Feuillards bandes à tubes / Bandstaal / Banden v. buizenstrip	Ronds et carrés pour tubes / Rond en vierkant staafmat. voor buizen	Divers / Allerlei	Total des produits finis / Totaal der afgewerkte produkten	Tôles galv., plomb. et étamées / Verzinkte, verlode en vertinde platen	Tubes d'acier / Stalen buizen	Ouvriers occupés / Tewerkgestelde arbeiders
Produits finis - Afgewerkte produkten									Produits finals / Verder bew. prod.		
74.793	118.672	61.030	3.407	351.876	23.890	4.233	2.643	1.019.463	85.371	25.216	51.051
71.115	116.901	49.758	1.828	322.484	17.456	3.389	1.094	406.462	79.976	21.212	50.966
66.508	108.365	43.566	1.305	326.611	27.933	3.496	2.459	933.830	81.787	23.987	50.995
72.182	114.789	42.302	2.564	277.346	25.218	4.578	2.584	863.125	70.649	23.288	51.062
63.481	90.348	50.535	2.430	242.951	30.486	5.515	2.034	774.848	60.660	23.082	50.663
72.736	97.658	59.223	2.105	258.171	32.621	5.377	1.919	819.109	60.141	23.394	48.313
80.861	78.996	37.511	2.469	227.851	30.150	3.990	2.138	722.475	51.339	20.199	47.944
80.132	74.192	27.872	1.358	180.627	30.369	2.887	2.059	625.890	51.289	19.802	48.148
77.133	68.572	25.289	2.073	149.511	32.753	4.409	1.636	572.304	46.916	22.462	49.651
72.171	47.996	19.976	2.693	145.047	31.346	1.181	1.997	535.840	49.268	22.010	53.604
53.288	41.258	7.369	3.526	113.984	26.202	290	3.053	451.448	39.537	18.027	53.066
53.567	41.501	7.593	2.536	90.752	29.323	1.834	2.199	396.405	26.494	15.524	44.810
										(2)	
40.874	53.456	10.211	2.748	61.941	27.959	—	5.747	388.858	23.758	4.410	47.104
28.979	28.780	12.140	2.818	18.194	30.017	—	3.589	255.725	10.992	—	38.431
10.603	16.460	9.084	2.064	14.715	13.958	—	1.421	146.852	—	—	33.024
11.852	19.672	—	—	9.883	—	—	3.530	154.822	—	—	35.300

Production Produktie	Unité - Eenheid	Janv. - Jan. 1973	Déc. - Dec. 1972	Janv. - Jan. 1972	M.M. 1972
Porphyre - Porfier :					
Moëllons - Breuksteen . .	t	1.349	1.270	1.997	1.186
Concassés - Puin . . .	t	565.069	567.621	600.573	669.574
Petit granit - Hardsteen :					
Extrait - Ruw	m³	24.741	19.012	25.934	24.854
Scié - Gezaagd	m³	5.337	5.114	6.196	6.082
Façonné - Bewerkt . . .	m³	867	834	897	950
Sous-prod. - Bijprodukten	m³	18.849	14.484	20.518	19.873
Marbre - Marmer :					
Blocs équarris - Blokken .	m³	260	356	212	359
Tranches - Platen (20 mm)	m²	25.003	27.786	23.179	25.234
Moëllons et concassés - Breuksteen en puin . . .	t	507	1.408	1.149	1.220
Bimbeloterie - Snuisterijen	kg	(c)	(c)	(c)	(c)
Grès - Zandsteen :					
Moëllons bruts - Breukst.	t	14.837	16.995	17.473	22.964
Concassés - Puin . . .	t	116.356	125.093	73.714	161.692
Pavés et mosaïques - Straatsteen en mozaïek .	t	20	51	44	103
Divers taillés - Diverse .	t	2.665	3.755	2.453	4.054
Sable - Zand :					
pr. métall. - vr. metaaln.	t	112.383	103.204	100.475	110.074
pr. verrerie - vr. glasfabr.	t	125.813	134.262	101.234	133.976
pr. constr. - vr. bouwbedr.	t	645.778	760.348	451.800	860.282
Divers - Allerlei . . .	t	153.280	185.113	126.672	186.097
Ardoise - Leisteen :					
Pr. toitures - Dakleien .	t	237	179	271	232
Schiste ard. - Leisteen .	t	66	259	51	235
Coticule - Slijpstenen . .	kg	(c)	(c)	2.115	(c)

Production Produktie	Unité - Eenheid	Janv. - Jan. 1973	Déc. - Dec. 1972	Janv. - Jan. 1972	M.M. 1972
Produits de dragage - Prod. v. baggermolens :					
Gravier - Grind . .	t	386.705	384.204	347.840	333.327
Sable - Zand . . .	t	34.935	39.562	40.998	72.748
Calcaires - Kalksteen . .	t	1.821.049	1.820.375	1.646.670	1.031.243
Chaux - Kalk	t	263.631	246.940	225.496	239.503
Carbonates naturels - Natuurcarbonaat . . .	t	40.751	34.453	28.207	36.019
Dolomie - Dolomiet :					
crue - ruwe	t	212.464	179.768	116.752	149.034
frittée - witgegloeide .	t	28.578	28.065	28.207	29.071
Plâtres - Pleisterkalk . .	t	10.389	9.475	5.882	8.765
Agglomérés de plâtre - Pleisterkalkagglomeraten	m²	1.415.066	1.243.302	1.121.978	1.185.790
Silex - Vuursteen :					
broyé - gestampt . .	t	} 240	335	311	858
pavé - straatsteen . .	t	}			
Quartz et Quartzites - Kwarts en Kwartsiet . .	t	23.267	33.551	29.021	42.169
Argiles - Klei	t	29.813	32.781	8.714	24.287
Personnel - Personeel :					
Ouvriers occupés - Tewerkgestelde arbeiders		8.639	8.946	8.716	8.937

(c) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

Journée des carriers

Journée d'information
organisée par l'Institut National
des Industries Extractives
à Liège, le 12 décembre 1972

- ☐ Le classement des roches d'après leur destructibilité.
J. BRYCH.
- ☐ Evolution des tirs en masse depuis 10 ans aux carrières de Quenast.
R. BRIGODE.
- ☐ Mesures des vibrations de tirs.
R. VANDELOISE.
- ☐ Une cause peu prévisible de ratés du détonateur à mèche.
P. GOFFART.
- ☐ Etat actuel des techniques de boulonnage et de consolidation des roches.
H. van DUYSE.
- ☐ Problèmes posés par l'exploitation des carrières mécanisées en roches dures.
F. VAN ELSEN.
- ☐ La mesure du degré de frittage des chaux en roche.
Ph. DUMONT.
- ☐ Quelques aspects de l'utilisation des polymères dans l'industrie du marbre et du petit granit.
J. BRICTEUX.
- ☐ Valorisation de produits pierreux sous forme de charges pour matières plastiques.
C. MICHAUX.

Dag van de groeveuitbaters

Informatiedag
georganiseerd door het Nationaal
Instituut voor de Extractiebedrijven
te Luik op 12 december 1972

- ☐ Indeling van het gesteente volgens hun afbreekbaarheid.
J. BRYCH.
- ☐ Evolutie van het massaal springwerk gedurende tien jaar in de groeven van Quenast.
R. BRIGODE.
- ☐ Het meten van trillingen bij springwerk.
R. VANDELOISE.
- ☐ Een moeilijk te voorziene oorzaak voor het ketsen van ontstekers op lont.
P. GOFFART.
- ☐ Technieken voor de verankering en de versteviging van gesteente : huidige stand van zaken.
H. van DUYSE.
- ☐ Problemen bij de uitbating van gemechaniseerde groeven in hard gesteente.
F. VAN ELSEN.
- ☐ Het meten van de fritgraad van kluitkalk.
Ph. DUMONT.
- ☐ Enige aspecten van het gebruik van polymeren in de marmer- en hardsteennijverheid.
J. BRICTEUX.
- ☐ Het valoriseren van steenachtige produkten in de vorm van toeslagmateriaal voor kunststoffen.
C. MICHAUX.

Le classement des roches d'après leur destructibilité

Indeling van de gesteenten volgens hun afbreekbaarheid

Josef BRYCH *

RESUME

Les roches identiques au point de vue de leur résistance au poinçonnage peuvent se détruire chacune à leur manière de façon absolument non identique. La résistance au poinçonnage ne peut donc pas être considérée comme le seul paramètre décisif pour les analyses de destructibilité des roches. L'expression résistance réduite au poinçonnage est un mode avantageux de détermination rapide de la capacité énergétique et de l'état limite de résistance par une seule expression.

La destructibilité d'une roche est exprimée par le rapport entre le pouvoir destructif d'une installation de forage et/ou découpage et le produit de la résistance réduite au poinçonnage « K.P.L. » par l'abrasivité « F.P.Ms ». Ce classement a son importance pour les fabricants d'outils de forage et de découpage et de même pour les utilisateurs de ceux-ci.

INHALTSANGABE

Die hinsichtlich ihres Verhaltens gegenüber dem Lochstanzversuch ähnlichen Gesteine können ganz unterschiedlich — jedes auf eigene Art — zersetzt werden. Die Gesteinfestigkeit durch Lochstanzprobe kann deswegen nicht als einziger entscheidender Parameter in den Untersuchungen der Gesteinabbaufähigkeit angesehen werden. Der Ausdruck « auf Lochstanzprobe beschränkte Festigkeit » ist ein vorteilhaftes Verfahren zur schnellen Bestimmung des Energieniveaus sowie des

* Ingénieur Civil des Mines et Ingénieur-Docteur, Chargé de cours associé à la Faculté Polytechnique de Mons, rue de Houdain, 9 - 7000 Mons.

SAMENVATTING

De gesteenten die dezelfde zijn op gebied van weerstand tegen indringing kunnen zich bij het afbreken elk op hun manier op een heel verschillende wijze gedragen. De weerstand tegen indringing kan dus niet beschouwd worden als de enige determinerende parameter bij de analyse van de afbreekbaarheid van de gesteenten. De uitdrukking beperkte weerstand tegen indringing is een voordelige manier om op vlugge wijze de energiecapaciteit en de grenstoestand van de weerstand te bepalen door middel van één enkele uitdrukking.

De afbreekbaarheid van een gesteente wordt uitgedrukt door de verhouding tussen het afbreekvermogen van en boor- en/of snij-installatie en het produkt van de beperkte weerstand tegen indringing « K.P.L. » met de abrasiviteit « F.P.Ms ». Deze indeling is belangrijk voor de fabrikanten van boor- en snijwerktuigen en zelfs voor de gebruikers daarvan.

SUMMARY

Rocks which are identical from the point of view of their resistance to penetration may each be destroyed in an absolutely unidentical fashion. Resistance to penetration cannot therefore be considered as the sole decisive parameter for the analysis of the destructibility of rocks. The expression of the reduced resistance to penetration is an advantageous method and the limit state of resistance by a single expression.

Grenzzustandes der Festigkeit durch einen einzigen Ausdruck.

Die Zersetzungsfähigkeit eines Gesteins wird ausgedrückt durch das Verhältnis der Zerstörungskraft einer Bohr- bzw. einer Schneidanlage mit dem Produkt der auf Lochstanzen beschränkten Festigkeit « K.P.L. » mit der Schleiffähigkeit « F.P.Ms ». Diese Einstufung ist besonders wichtig für die Hersteller von Bohr- und Schnittwerkzeugen sowie für die Benutzer solcher Werkzeuge.

The destructibility of a rock is expressed by the relationship between the destructive power of a drilling installation and/or the cutting and the product of the reduced resistance to penetration « K.P.L. » by the abrasive power « F.P.Ms ». This classification has its importance for the manufacturers of drilling and cutting tools and likewise for the users of same.

Au cours de la dernière décennie, la mécanique des roches est devenue la base théorique de l'exploitation rationnelle dans l'industrie minière, qu'il s'agisse des problèmes d'exploration, d'ouverture, de valorisation ou d'exploitation des gisements, ou des études du travail des outils de forage et de découpage des roches, en vue de pouvoir optimiser leur choix et leurs régimes d'application dans un milieu naturel donné.

Dans le passé, les méthodes primitives de prospection et d'exploitation n'exigeaient pas la connaissance de cette discipline, parce que le mineur se bornait à extraire les matières minérales à faible profondeur. Dès qu'il rencontrait le moindre problème, il le surmontait grâce à son talent en rapport avec les possibilités de l'époque, ou bien il abandonnait l'exploitation du gisement pour une période, souvent indéterminée [1].

Le Comité de Mécanique des Roches de la Société Géologique Américaine [2] définit la mécanique des roches comme « la science théorique et appliquée du comportement mécanique des roches, c'est-à-dire la branche de la mécanique concernée par les réactions de la roche dues à des états de contraintes de son environnement physique ». Dans cette définition très générale, la notion de roche diffère suivant les spécialistes de diverses disciplines.

La mécanique des roches étudie les phénomènes de la déformation et de la rupture, d'une part, des roches, considérées comme des agrégats de cristaux et, d'autre part, des massifs rocheux qui consistent en assemblages de roches divisées en blocs par des discontinuités structurales.

Un but de cette discipline est donc de déterminer le plus précisément possible la sécurité d'un massif, d'une construction ou d'une exploitation minière en vue de réduire les risques d'accidents qui peuvent être parfois très graves.

Du côté des outils de forage ou de découpage ou du point de vue de l'attaque à l'explosif, son objectif est exactement contraire à ce que l'on vient de dire, c'est-à-dire qu'on cherche un outil et un régime de

In de loop van de laatste tien jaar is de gesteentemechanika de teoretische basis geworden van een rationele ontginning in de mijnnijverheid, en dit zowel voor verkenning, ontsluiting, valorisatie of ontginning van afzettingen als voor studies over de door boor- en winmachines voor gesteenten geleverde arbeid, met het doel de beste machines te kiezen en uit te makn volgens welk regime ze moeten aangewend worden in een gegeven natuurlijk milieu.

De vroegere primitieve verkennings- en ontginningsmetoden konden het zonder deze kennis stellen omdat de mijnontginner zich vergenoegde met de extraktie van de mineralen die hij op geringe diepte aantrof. Zohaast hij een probleem zag, loste hij dit op eigen kracht op en rekening houdend met de mogelijkheden van die tijd of hij gaf de ontginning van deze afzetting op voor een bepaalde tijd en soms voor langer [1].

Het Komitee voor Gesteentemechanika van het Aardkundig Genootschap van Amerika [2] bepaalt de gesteentemechanika als « de teoretische en toegepaste wetenschap van het mechanische gedrag van gesteenten d.w.z. de tak van de mechanika die zich bezighoudt met de reakties van gesteenten ten overstaan van de spanningstoestand van hun omgeving ». In deze zeer algemene bepaling verschilt het begrip « gesteente » volgens de verschillende soorten van specialisten.

De gesteentemechanika bestudeert de verschijnselen van vervorming en breuk enerzijds van gesteenten die als aggregaten van kristallen beschouwd worden, en anderzijds van rotsmassieven die bestaan uit een samenvoeging van gesteenten die door onderbrekingen in de struktuur in blokken verdeeld zijn.

Een van de doelstellingen van deze studie is dan ook de veiligheid van een massief en van een mijnbouwkundige konstruktie of ontginning zo nauwkeurig mogelijk te bepalen en zo het risico van soms zeer zware ongevallen te verminderen.

Wat boor- en winmachines of het gebruik van springstof betreft is het doel precies het tegenovergestelde van wat we zopas gezegd hebben : hier worden namelijk die werktuigen en die werkwijze gezocht

travail tels que l'énergie du processus de destruction ainsi que l'usure de l'outil soient minimales et le volume de roche détruit, au contraire, maximum.

A ces points de vue, les grands objectifs de la mécanique des roches peuvent être, entre autres, exprimés comme suit [3,4] :

— Recherches des propriétés mécaniques et technologiques des roches.
— Etat de contrainte naturelle du massif rocheux.
— Destructibilité des roches, en utilisant différents moyens technologiques.
— Changement de contraintes naturelles du massif rocheux dû à l'exploitation minière.
— Stabilité des ouvrages miniers.
— Mécanisme du mouvement du massif rocheux lors de l'exploitation des gisements de matériaux solides, liquides ou gazeux.
— Détermination des zones d'influence des excavations minières sur les constructions.
— Amélioration de la qualité du massif rocheux au point de vue de la stabilité, de la perméabilité, etc.

Chaque activité minière dépend, d'un côté, des processus de destructibilité des roches par des outils de sortes différentes et, d'un autre côté, de leur stabilité, parce que le forage, le creusement ou l'exploitation dans un endroit donnée provoquent un déséquilibre dans le massif. Les phénomènes influençant les propriétés physico-mécaniques et donc aussi la destructibilité sont :

— les propriétés physico-mécaniques des minéraux et du ciment constituant la roche elle-même,
— la stratification,
— la schistosité,
— l'anisotropie,
— la perméabilité, la teneur en eau, la porosité, etc.

Parmi les paramètres généralement bien connus, l'anisotropie joue un rôle assez important au point de vue de l'évaluation des résultats — par exemple, d'un système rotatif (l'outil de forage) et/ou d'un système où l'outil découpe la roche dans une certaine direction (pics de haveuse).

Woods et Lubinski [5] ont exprimé l'anisotropie par l'équation suivante (fig. 1) :

$$i_A = \frac{A_K - A_P}{A_K}$$

où i_A : index de l'anisotropie,

A_K : forabilité ou un autre paramètre physico-mécanique dans la direction K,

A_P : idem dans la direction P, où $K \perp P$.

Pour les roches isotropes, $A_K = A_P$ et l'anisotropie $= 0$. Le coefficient d'anisotropie varie en général entre 0 et 0,75.

Les propriétés physico-mécaniques des roches dans un massif et donc aussi leur destructibilité résultent de

waarbij het afbreken zo weinig mogelijk energie vereist en het werktuig zo weinig mogelijk verslijt, en het afgebroken rotsvolume daarentegen zo groot mogelijk is.

In dat opzicht kunnen de voornaamste doelstellingen van de gesteentemechanika onder meer als volgt worden geformuleerd [3,4] :

— De mechanische en technologische eigenschappen van de gesteenten bepalen.
— Natuurlijke spanningstoestand van een rotsmassief.
— Afbreekbaarheid van gesteenten bij aanwending van verschillende technologische middelen.
— Verandering van de natuurlijke spanningen in een gesteentemassief onder invloed van ontginningswerk.
— Stabiliteit van mijnwerken.
— Mechanisme van de verplaatsing van gesteentemassieven tijdens het ontginnen van afzettingen van vaste, vloeibare of gasvormige stoffen.
— Bepalen van de invloedszone van mijnuitgravingen op konstrukties.
— Verbetering van het gesteentemassief inzake stabiliteit, permeabiliteit, enz.

Elke mijnaktiviteit hangt enerzijds af van het afbreekproces dat in het gesteente wordt doorgevoerd door middel van werktuigen van verschillende soorten, en anderzijds van de stabiliteit van datzelfde gesteente want het boren, het drijven of ontginnen in een bepaalde streek veroorzaakt een onevenwicht in het massief. De verschijnselen met invloed op de fysicomechanische eigenschappen en dus ook op de afbreekbaarheid zijn :

— de fysico-mechanische eigenschappen van de mineralen en van het cement die de rots zelf samenstellen;
— de gelaagdheid;
— het schiefergehalte;
— de anisotropie;
— de permeabiliteit, het watergehalte, de porositeit, enz.

Bij de parameters die meestal goed gekend zijn, speelt de anisotropie een vrij belangrijke rol bij voorbeeld met het oog op het beoordelen van de resultaten die kunnen bekomen worden met een draaiend systeem (het boorwerking) en/of met een systeem waarin het werktuig de rots afbreekt in één bepaalde richting (beitels van een snijmachine).

Woods en Lubinski [5] hebben de anisotropie uitgedrukt door middel van de volgende vergelijking (fig. 1) :

$$i_A = \frac{A_K - A_P}{A_K}$$

waarin :

i_A = anisotropieïndex

A_K = boorbaarheid of een andere fysico-mechanische parameter in de richting K

A_P = hetzelfde in de richting P waarbij $P \perp K$.

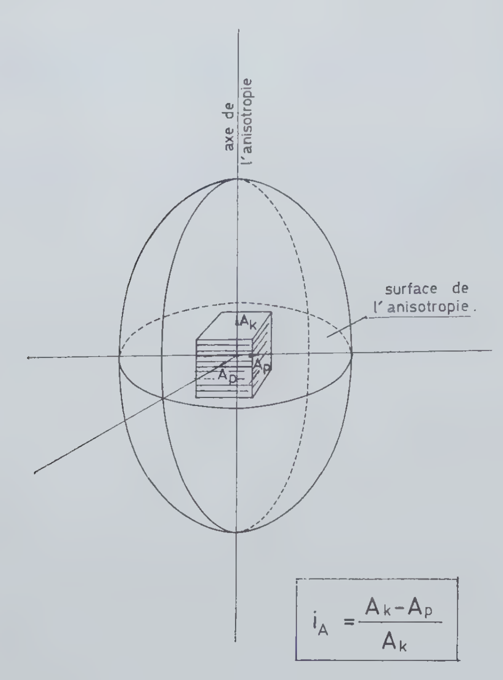


Fig. 1.
Anisotropie des roches définie par Woods et Lubinski [5].
Anisotropie van de gesteenten bepaald door Woods en Lubinski [5].
— axe ... : anisotropieas
— surface ... : anisotropieoppervlak

différents processus et forces agissant lors de leur formation et des facteurs rhéologiques, soit :

— forces orogénétiques, influençant directement les propriétés physico-mécaniques « in situ »,
— forces de gravitation, responsables des contraintes du massif dans des conditions tridimensionnelles,
— forces mécaniques, physiques, physico-chimiques de liquides et des gaz,
— forces thermiques de la croûte terrestre et du processus de désintégration radioactive des roches,
— forces provoquées par l'activité minière, déséquilibrant en général l'état naturel de tension de ce massif.

Il faut prendre normalement en considération toutes ces forces, en étudiant les propriétés différentes des roches et surtout en faisant intervenir les forces en relation avec le massif, et en se basant sur les essais de laboratoire. Pour simplifier tout de même les interprétations et les problèmes de contraintes naturelles du massif, on tient compte surtout de l'action des forces de gravitation, en supposant la possibilité d'introduire les corrections dans les calculs par l'intermédiaire de coefficients. De ce qui précède, il résulte que parfois les essais simples ne suffisent pas et qu'il faut souvent avoir recours aux essais triaxiaux, ou choisir des méthodes dont les résultats convergent vers ceux-ci.

Au cours des dernières Journées de Carriers, nous avons évoqué l'importance des essais de poinçonnage σ_p comme critère important en ce qui concerne la

Voor isotrope gesteenten is $A_K = A_P$ en de anisotropie nul. Over het algemeen schommelt de anisotropieqkoëfficiënt tussen 0 en 0,75.

De fysico-mechanische eigenschappen van de gesteenten in een massief of dus ook hun afbreekbaarheid zijn het gevolg van verschillende processen en krachten die tijdens hun vorming optreden, en van de reologische faktoren zoals :

— orogenetische krachten die een rechtstreekse invloed uitoefenen op de fysico-mechanische eigenschappen « in situ »;
— gravitatiekrachten die in het gesteente spanningen veroorzaken met een driedimensionale inslag;
— mechanische, fysische, fysico-chemische krachten van vloeistoffen en gassen;
— termische krachten voortkomend uit de aardkorst en het radioaktief afbraakproces van de gesteenten;
— krachten die veroorzaakt worden door mijnontginningen en die over het algemeen de natuurlijke spanningstoestand van het gesteente verstoren.

Eigenlijk moet men al deze krachten in aanmerking nemen bij het bestuderen van de verschillende eigenschappen der gesteenten en vooral bij praktische toepassingen in het massief, evenals bij het interpreteren van laboratoriumproeven. Om toch enige vereenvoudiging te brengen in de interpretatie en in de problemen van de natuurlijke spanningen van het gesteente, houdt men vooral rekening met de zwaartekracht en wordt de mogelijkheid aangenomen om in de berekeningen korrekties aan te brengen door middel van koëfficiënten. Hieruit volgt dat de eenvoudige proefnemingen soms niet volstaan en moeten aangevuld worden met triaxiale proeven of dat metoden moeten gezocht worden die in die richting gaan.

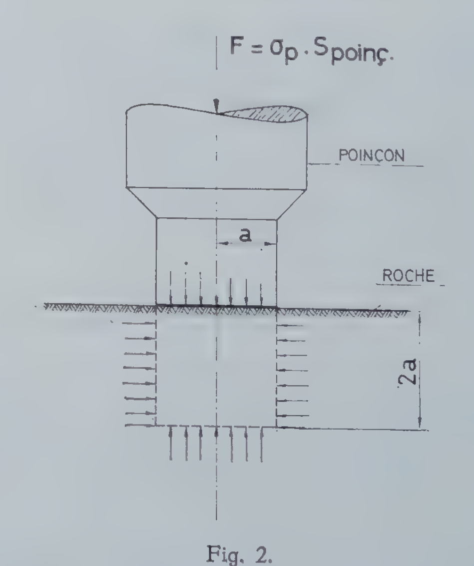


Fig. 2.
Etat de sollicitation triaxiale de la roche en dessous du poinçon.
Toestand van triaxiale belasting van het gesteente onder de naald.
— poinçon : naald — roche : gesteente

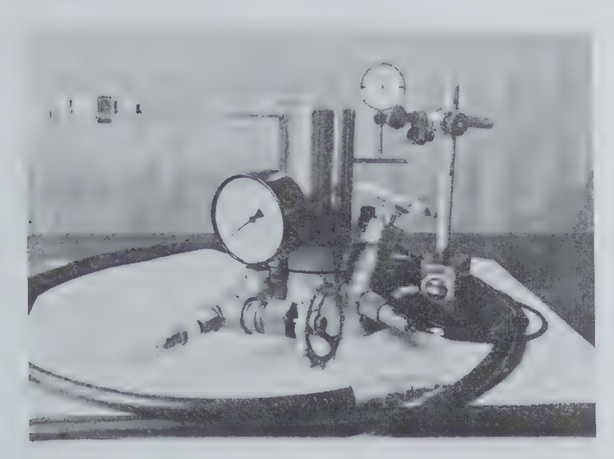


Fig. 3.

Appareil triaxial « F.P.Ms. » pour étudier la résistance au poinçonnage σ_p résistance au cisaillement par poinçonnage σ_{cp} et résistance réduite au poinçonnage σ_{RED} en fonction de la pression géostatique et hydrostatique (jusqu'à ± 3.000 m de profondeur).
(photo archive F.P.Ms.)

Triaxiaal toestel « F.P.Ms. » voor de studie van de indringingsweerstand σ_p afschuivingsweerstand bij indringing σ_{cp}, en beperkte indringingsweerstand σ_{RED}, in functie van de hydrostatische en geostatische druk (tot op een diepte van ± 3.000 m).
(foto archief F.P.Ms.)

détermination d'une résistance dite au poinçonnage, très proche des conditions naturelles du travail des différents outils de forage ou de découpage des roches. Cette résistance σ_p, dont la valeur absolue dépasse largement les valeurs de la résistance à la compression simple déterminée au laboratoire, résulte en effet d'un essai où la roche en dessous du poinçon se trouve dans des conditions triaxiales (fig. 2) et où la contrainte latérale est définie par les dimensions standardisées des échantillons (diamètre, hauteur). Si l'on veut étudier le σ_p des roches aux grandes profondeurs (par exemple, au fond d'un trou de sondage, où l'influence de la pression hydrostatique de la boue de forage joue aussi un rôle important à côté de la pression géostatique), on peut utiliser un appareil triaxial, spécialement conçu pour ce genre d'études (fig. 3).

Il y a deux ans, nous avons exposé ici en effet la voie suivie dans nos recherches [6] et le choix des méthodes de base de laboratoire à utiliser pour pouvoir aboutir à un classement des roches sur lequel on pourrait se baser lors des études de destructibilité des roches par les outils de forage ou de découpage. Nous distinguons donc dès maintenant, d'une part, la destructibilité d'une roche en tant qu'une des propriétés de celle-ci en vue d'établir un classement et, d'autre part, la destructibilité de cette même roche en présence de différents outils de forage ou de découpage et surtout de leurs régimes de travail.

Prenant toujours les essais Schreiner comme base [6] et travaillant avec des poinçons à bout plat au laboratoire ou « in situ » (fig. 3, 4 et 5), nous pouvons établir un classement des roches d'après la résistance au poinçonnage σ_p [7], comme il est montré au tableau I.

Tijdens de jongste Studiedagen voor Groefontginners hebben we gewezen op het belang van de indringingsproef σ_p, als belangrijk criterium voor de bepaling van een zogenaamde indringingsweerstand, die de natuurlijke arbeidsomstandigheden van verschillende boor- of winwerktuigen voor gesteenten zeer dicht benadert. Deze indringingsweerstand σ_p, die veel hoger ligt dan de eenvoudige drukweerstand die in het laboratorium wordt bepaald, wordt bepaald tijdens een proef waarbij de steen onder de naald driedimensioneel belast wordt (fig. 2) en waarbij de zijdelingse spanning bepaald wordt door de gestandaardiseerde afmetingen van de monsters (doormeter, hoogte). Wil men de σ_p van gesteenten op grote diepte bestuderen (bij voorbeeld op de bodem van een boorgat waar de hydrostatische druk van het boorslib een belangrijke rol speelt naast de geostatische druk) dan kan men gebruik maken van een triaxiaal apparaat dat speciaal voor dergelijke studies gebouwd werd (fig. 3).

Twee jaar geleden hebben we hier immers een uiteenzetting gegeven over de richting van onze studies [6] en over de keuze van basislaboratoriumproeven om te komen tot een indeling van de gesteenten, waarop men zich zou kunnen baseren bij de studie van de afbreekbaarheid van gesteenten met het oog op het gebruik van boor- of winwerktuigen. Van nu af aan beschouwen we dus de afbreekbaarheid van een gesteente als een van zijn eigenschappen en anderzijds beschouwen we diezelfde afbreekbaarheid ten overstaan van de verschillende boor- en winwerktuigen



Fig. 4.

Appareil universel « F.P.Ms. » pour étudier σ_p, σ_{cp}, σ_{RED}, E_{st}, G et les propriétés rhéologiques (creep) des roches au laboratoire.
(photo archive F.P.Ms.)

Universeel apparaat « F.P.Ms. » voor de studie van σ_p, σ_{cp}, σ_{RED}, E_{st}, G en de rheologische eigenschappen (creep) van gesteenten in het laboratorium.
(foto archief F.P.Ms.)

TABL

Classement des roches d'après la rési

TAB

Indeling van de gesteenten naar hun

Catégorie de résistance des roches		I.				I	
Résistance au poinçonnage Schreiner σ_p (kg/mm²)		0-10	10-25	25-50	50-100	100-150	150-200
Roches argileuses	Argiles						
	Argiles schistoïdes						
	Marnes argileuses						
	Schistes arg. + argilites						
	Opalins						
Aleurolites quartzeux	Ciment argileux						
	Cim. arg. poreux						
	Ciment carbonate						
	Ciment de contact						
Grès quartzeux	Ciment argileux						
	Cim. organ. ou sulfate						
	Cim. de contact						
	Ciment régénéré						
Calcaires	Organogènes						
	Pélitomorphes						
	A grain fin						
Dolomites	Pélitomorphes						
	A grain fin						
	A grain moyen						
Roches sulf.	Gypses						
	Anhydrites						
Roches siliceuses et silices							

AU I

ance au poinçonnage Schreiner σ_p [7]

L I

ndringingsweerstand Schreiner σ_p [7]

		III.				Weerstandskategorie van de gesteenten	
200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-1500	Indringingsweerstand volgens Schreiner σ_p (kg/mm²)	
						Klei	Kleiactige gesteenten
						Schieferachtige klei	
						Schieferachtige mergel	
						Kleiachtige schiefer-argiliet	
						Opaalachtige	
						Kleiachtig cement	Kwartsachtige aleuroliten
						Poreus kleiachtig cement	
						Karbonaatcement	
						Kontaktcement	
						Kleiachtig cement	Kwartsachtige zandsteen
						Organisch of sulfaatcement	
						Kontaktcement	
						Geregenereerd cement	
						Organogene	Kalksteen
						Pelitomorfe	
						Fijnkorrelige	
						Pelitomorfe	Dolomiet
						Fijnkorrelig	
						Middenkorrelig	
						Gips	Sulfaat-rotsen
						Anhydriet	
						Kieselachtige gesteenten en silicium	

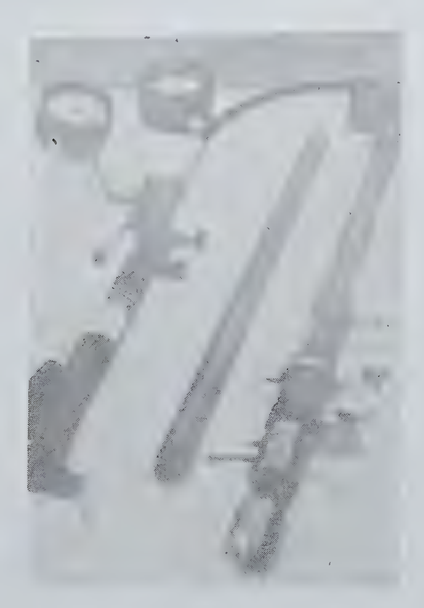


Fig. 5.

Appareil portatif « F.P.Ms. » pour étudier σ_p, σ_{cp}, et σ_{RED} « in situ » (financé par N.V. Kempense Steenkolenmijnen — Houthalen).
(photo archive F.P.Ms.)

Draagbaar apparaat « F.P.Ms. » voor de studie van σ_p, σ_{cp}, en σ_{RED} « in situ » (gefinancierd door de N.V. Kempense Steenkolenmijnen — Houthalen).
(foto archief F.P.Ms.)

Effectuant quelques essais en vue de déterminer l'influence de différentes formes géométriques de poinçons (fig. 6), on peut proposer une convention en ce qui concerne la surface active de différentes formes géométriques des outils vis-à-vis de l'effort vertical ou horizontal appliqué, comme relation entre un essai classique de poinçonnage au laboratoire ou « in situ » et la partie coupante de l'outil étudié (fig. 7).

Nous traiterons maintenant uniquement des essais de poinçonnage par les poinçons à bout plat, comme un moyen rapide de détermination de la résistance des roches par voie destructive [6]. Rappelons aussi brièvement d'autres méthodes dites non destructives, telles que méthode Shore, méthode Schmidt, méthodes ultrasoniques. etc. Ces méthodes non destructives donnent en général des résultats liés au module d'élasticité des matériaux à tester. Or, nous savons bien qu'un matériau dont le module d'élasticité est grand ne doit pas être nécessairement un matériau difficile à détruire, à désagréger (exemple verre) et vice versa. D'où certaines déceptions de différents chercheurs quant à l'utilisation pratique de ces appareils pour résoudre les problèmes techniques de la mécanique des roches.

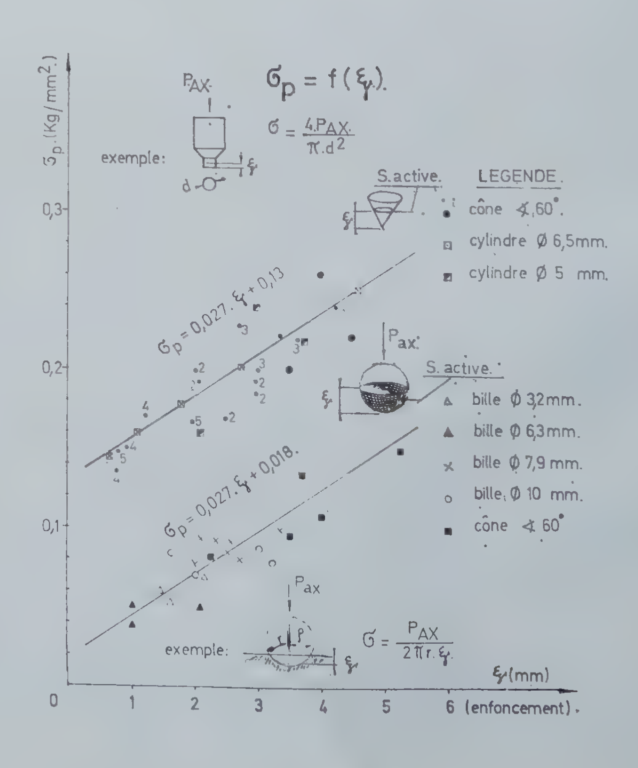


Fig. 6.

Essais de poinçonnage du matériau équivalent en utilisant différentes formes géométriques des poinçons.

Indringingsproeven op ekwivalent materiaal met gebruik van verschillende geometrische vormen van naalden.

— exemple : voorbeeld
— enfoncement : indringing
— cône : kegel
— cylindre : cilinder
— bille : kogel
— S. active : aktief oppervlak

en bijzonder ten overstaan van de arbeidsregimes daarvan.

Nog steeds met de proeven van Schreiner [6] als basis en werkend met een afgeplatte naald in het laboratorium of « in situ ») (fig. 3, 4 en 5) kunnen we voor de gesteenten een indeling opstellen volgens de indringingsweerstand σ_p [7] zoals aangetoond wordt in tabel 1. Als we enkele proeven uitvoeren om de invloed na te gaan van de verschillende geometrische vormen die de naald kan hebben (fig. 6), kunnen we een verband trachten te leggen tussen de aktieve oppervlakte van de verschillende geometrische vormen en de toegepaste vertikale of horizontale kracht, als vergelijking tussen een klassieke indringingsproef in het laboratorium of « in situ » en het snijdende gedeelte van het bestudeerde werktuig (fig. 7).

We zullen ons nu uitsluitend bezighouden met door middel van een afgeplatte naald uitgevoerde indringingsproeven als een middel om vlug de weerstand van gesteenten langs destruktieve weg te bepalen [6]. We denken ook nog even aan het bestaan van niet-destruktieve proeven, zoals de metode van Shore, de metode van Schmidt, de metoden werkend met ultrageluiden enz. Meestal geven de niet-destruktieve proeven resultaten die gebonden zijn aan de elasticiteitsmodulus van het te beproeven materiaal. Nu weten we goed dat een materiaal met hoge elasticiteitsmodulus niet noodzakelijk moeilijk te vernielen is of af te breken (glas bij voorbeeld) en omgekeerd. Dat is de oorzaak van de ontgoochelingen die sommige vorsers hebben opgelopen wanneer ze dergelijke apparaten gebruikt hebben om de technische problemen van de gesteentemechanika op te lossen.

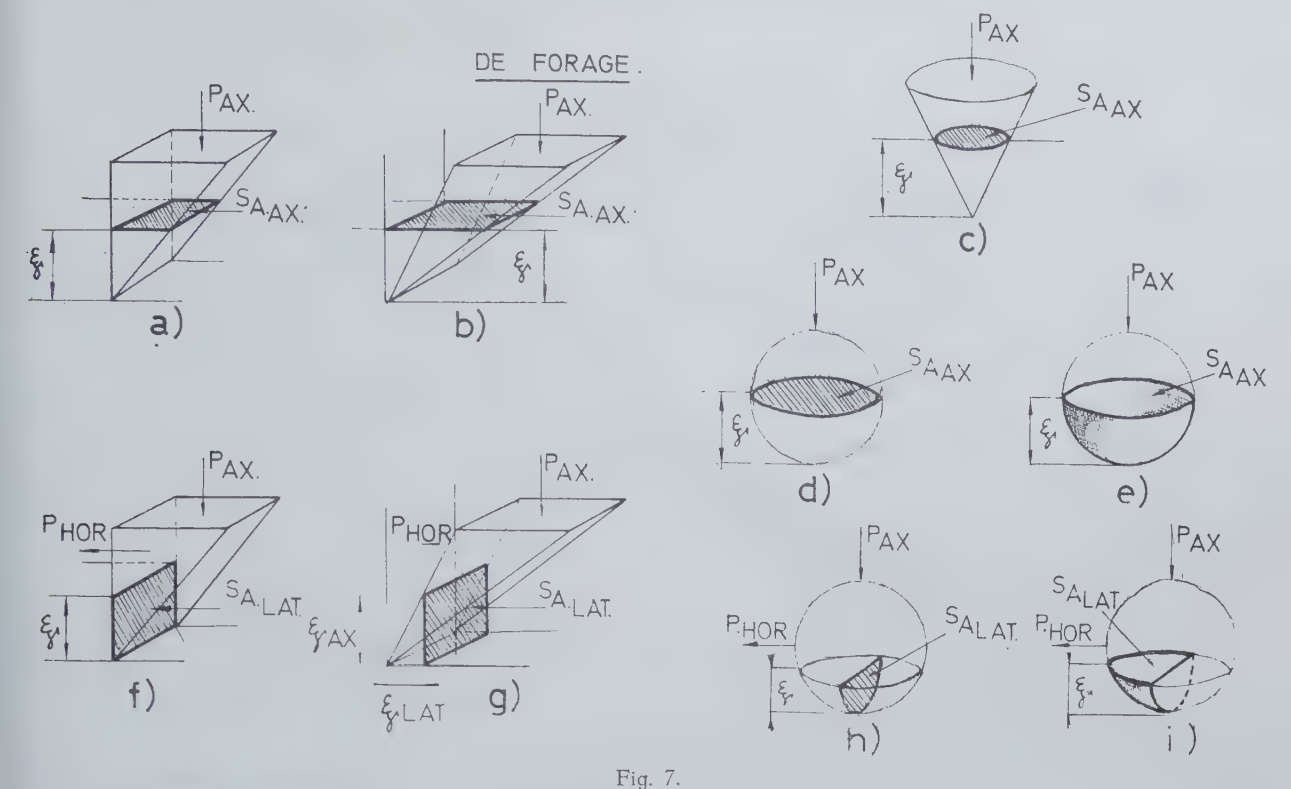


Fig. 7.
Convention concernant les calculs de la surface active des outils de différentes formes géométriques.
Verband inzake berekening van de aktieve oppervlakte van werktuigen met verschillende geometrische vormen.

Pour obvier aux inconvénients concernant l'interprétation parfois difficile des résultats des méthodes destructives et non destructives, nous avons mis au point une méthode de détermination de destructibilité des roches, passant par la résistance réduite au poinçonnage « K.P.L. »-σ_{RED} [8].

Observons par exemple le cas où des roches identiques au point de vue de leur résistance au poinçonnage σ_p se détruisent chacune à leur manière (fig. 8) de façon absolument différente. Cela signifie que la résistance au poinçonnage σ_p ne peut pas être considérée comme le seul paramètre décisif pour les analyses de destructibilité des roches. Il est donc très important de savoir sur quelle trajectoire de déformation (ξ) on peut atteindre l'état limite de résistance d'une telle roche et de savoir quelle est sa capacité énergétique de destruction. L'expression résistance réduite au poinçonnage σ_{RED} peut être considérée comme une forme avantageuse de détermination rapide de ces deux paramètres (capacité énergétique et état limite de résistance par une seule expression) [8,3,4].

La détermination pratique de la résistance réduite au poinçonnage σ_{RED} résulte de la figure 9. Se basant sur l'essai Schreiner (aire OABC), la réduction se fait sous condition :

$$\text{aire } \overline{OABC} = \text{aire } \overline{OD'E'}$$

On transforme ainsi le diagramme Schreiner en un diagramme hypothétique $\overline{OD'E'}$ sur la base de l'égalité

Om een oplossing te vinden voor de moeilijkheden die vaak gepaard gaan met het interpreteren der resultaten van de destruktieve en de niet-destruktieve metoden hebben we een metode uitgewerkt om de afbreekbaarheid van gesteenten te bepalen, langs de beperkte indringingsweerstand « K.P.L. »-σ_{RED} [8] om.

Nemen we bij voorbeeld twee gesteenten die identieke indringingsweerstanden σ_p hebben doch elk op hun eigen manier afgebroken worden (fig. 8), en wel op heel verschillende wijze. Dit betekent dat de indringingsweerstand σ_p niet kan beschouwd worden als de enige waardevolle parameter voor het bepalen van de afbreekbaarheid van gesteenten. Het is dus zeer belangrijk te weten op welke kromme van vervorming (ξ) men de grensweerstand van dergelijk gesteente kan verwachten en zijn destruktieve energiekapaciteit te kennen. De uitdrukking « beperkte indringingsweerstand » σ_{RED} kan beschouwd worden als een grootheid waarvan gunstig kan gebruik gemaakt worden om deze twee parameters (energiekapaciteit en grensweerstand) in één enkele grootheid uit te drukken [8,3,4].

Hoe men de beperkte indringingsweerstand σ_{RED} praktisch moet bepalen volgt uit figuur 9. Baseert men zich op de proef van Schreiner (zone OABC), dan gebeurt de reduktie onder de volgende voorwaarde :

$$\text{zone } \overline{OABC} = \text{zone } \overline{OD'E'}$$

Zo vervangt men het diagram van Schreiner door een hypotetisch diagram $\overline{OD'E'}$ op grond van de

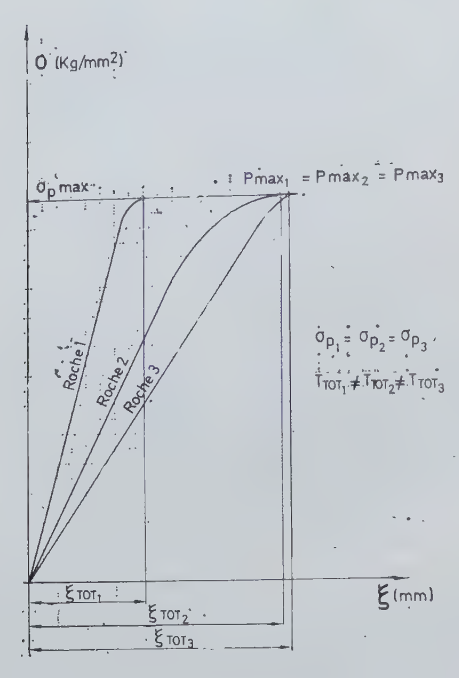


Fig. 8.

Trois roches de la même résistance au poinçonnage σ_p, mais de différences essentielles en ce qui concerne leur destructibilité.

Drie gesteenten met dezelfde indringingsweerstand σ_p, doch met essentiële verschillen wat hun afbreekbaarheid betreft.

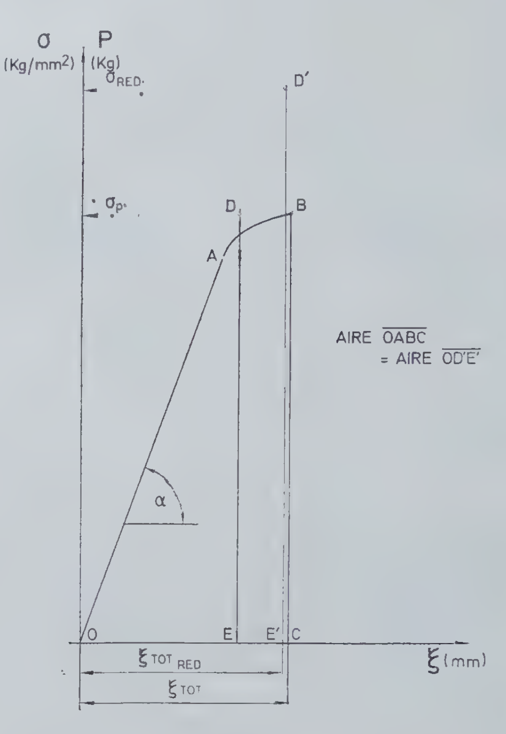


Fig. 9.

Calcul de σ_{RED}, se basant sur un essai de poinçonnage σ_p.

Berekening van σ_{RED} op basis van een indringingsproef σ_p.
— aire : zone

du travail total de destruction et du module d'élasticité, ce qui revient à définir une roche modèle, possédant les mêmes propriétés élastiques que la roche réelle et ayant la même capacité énergétique que celle-ci.

Se basant sur cette transformation, on peut effectuer plus aisément les comparaisons entre les méthodes destructives et non destructives d'investigation.

Le classement actuel des roches d'après la résistance réduite au poinçonnage comporte 20 catégories (tableau II), compte tenu des critères généraux d'utilisation des différents types d'outils de forage et/ou de découpage, en se basant sur les puissances réalisables par différents moyens techniques modernes et sur les sections axiales d'outils mises en œuvre.

En résumé, au point de vue de la roche elle-même, on peut recommander les critères suivants :

1) *Critères de base* [3,4,6,7,8] :

— résistance au poinçonnage « Schreiner » σ_p,
— résistance réduite au poinçonnage « K.P.L. » σ_{RED},
— abrasivité de la roche « F.P.Ms. » [A].

2) *Critères complémentaires* [4,9,10] :

— résistance à la compression simple,
— résistance à la traction simple,
— résistance au cisaillement par poinçonnage,
— pas de clivage (fig. 10),

gelijkheid van de totale afbreekarbeid en de elasticiteitsmodulus; dit komt er op neer dat een modelgesteente wordt bepaald dat dezelfde elastische eigenschappen en dezelfde energiekapaciteit heeft als het gesteente zelf.

Op basis van deze transformatie kan men gemakkelijker een vergelijking maken tussen de destruktieve en de niet-destruktieve onderzoekingen inzake afbraak.

De indeling van de gesteenten volgens de beperkte indringingsweerstand bevat nu twintig kategorieën (tabel II), rekening gehouden met de algemene criteria voor het gebruik van verschillende typen van boor- en winwerktuigen, en op grond van het vermogen dat kan ontwikkeld worden door verschillende thans voorhanden zijnde technieken en van de dwarsdoorsneden van de gebruikte werktuigen.

Om samen te vatten kan men, voor wat het gesteente zelf betreft, de volgende criteria aanbevelen :

1) *Basiscriteria* [3,4,6,7,8] :

— indringingsweerstand volgens « Schreiner »,
— beperkte indringingsweerstand « K.L.P. » σ_{RED},
— abrasiviteit van het gesteente « F.P.Ms. » (A).

2) *Bijkomende criteria* [4,9,10] :

— eenvoudige drukweerstand,
— eenvoudige trekweerstand,
— afschuivingsweerstand door indringing,
— splijtingspas (fig. 10),

TABLEAU II [8, 4]

Classification des roches d'après la résistance réduite au poinçonnage σ_{RED}

TABEL II [8, 4]

Indeling van de gesteenten naar hun beperkte indringingsweerstand σ_{RED}

Classe / Klasse	σ_{RED} (kg/mm²)	Règles générales d'utilisation (•) / Algemene gebruiksregels (•): outils à lames — werktuigen met messen	outils à molettes (dents ordin.) — werktuigen met drukribben (gewone tanden)	outils à molettes (dents en carbure) — werktuigen met drukribben (tanden in carbide)	outils diamant — diamantwerktuigen	outils à la grenaille — werktuigen met metaalkorrels
I	à - 20	———	- - -			
II	20 - 40	———	———		- - -	
III	40 - 60	- - -	———		- - -	
IV	60 - 100		———		———	
V	100 - 140		———	- - -	———	- - -
VI	140 - 200		———	———	———	- - -
VII	200 - 270		- - -	———	———	- - -
VIII	270 - 340		- - -	———	———	- - -
IX	340 - 430			———	———	- - -
X	430 - 520			———	———	- - -
XI	520 - 610			———	———	- - -
XII	610 - 700			———	———	- - -
XIII	700 - 800			———	———	- - -
XIV	800 - 900			———	———	- - -
XV	900 - 1000			- - -	———	- - -
XVI	1000 - 1100			- - -	———	———
XVII	1100 - 1200			- - -	———	———
XVIII	1200 - 1300				———	———
XIX	1300 - 1400				———	———
XX	1400 - 1800				———	———

(•) Concerne le forage rotatif jusqu'à 8" environ, pour les sections actives d'outils et les poussées réalisables par les moyens techniques modernes.
Légende : — — — Zone UTILISABLE ; ——— Zone EFFICACE.

(•) Betreft draaiboren tot ongeveer 8", voor aktieve werktuigdoorsnede en drukking die met de huidige technische middelen te bereiken zijn.
Legende : — — — BRUIKBARE zone ; ——— DOELTREFFENDE zone.

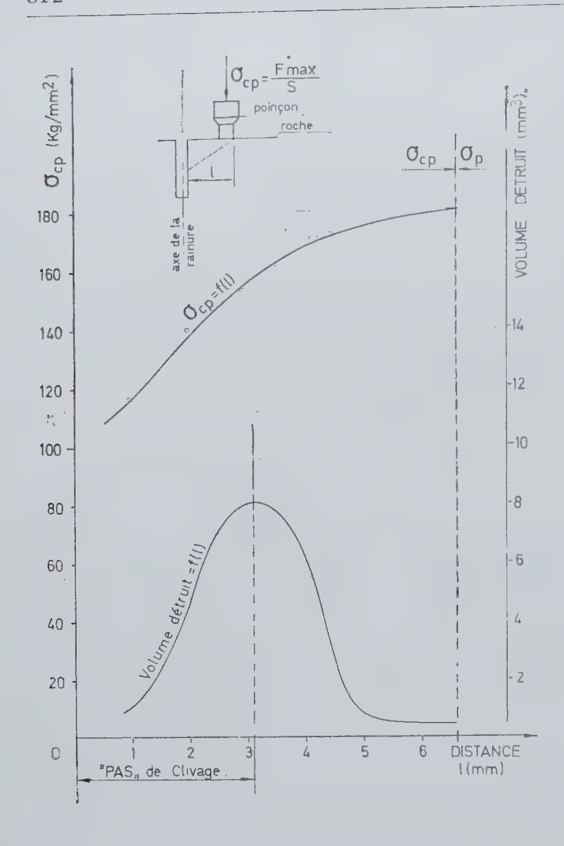


Fig. 10.

Essai de cisaillement par poinçonnage $\sigma_{cp} = f(l)$ et la variation du volume de la roche détruit $v = f(l)$.

Proef over afschuiving door indringing $\sigma_{cp} = f(l)$ en de verandering van het afgebroken volume $v = f(l)$.

— pas de clivage : splijtpas
— distance : afstand
— volume détruit : afgebroken volume
— poinçon : naald
— roche : gesteente

— l'ensemble de valeurs provenant de l'interprétation d'essais de poinçonnage [6] telles que le coefficient de plasticité, le module d'élasticité statique, le travail total de destruction, le travail spécifique de contact et le travail volumétrique de destruction.

3) *Critères à ne pas négliger* [3,4,6,8] :

— coefficient de compressibilité latérale des roches déterminé par la voie triaxiale,
— influence de la vitesse de mise en charge,
— influence de la pression hydrostatique et géostatique,
— influence de la géométrie du fond du trou ou de la saignée [9].

Quant à la destructibilité d'une roche, nous l'exprimons de la façon suivante :

$$\text{destructibilité} = \frac{1}{\sigma_{RED} \times A} \times 10^3$$

où σ_{RED} : résistance réduite au poinçonnage « K.P.L. » (1) en kg/mm²,

A : $1/C_A \times 10^3$, c'est-à-dire l'abrasivité « F.P. Ms » (2) [6] basée sur le classement industriel des roches d'après l'abrasivité (poinçon 2, 3 ou 4 mm en carbure de tungstène, pression 1,015 kg/mm², vitesse linéaire du poinçon

— het geheel van grootheden voortkomend van de interpretatie van indringingsproeven [6] zoals plasticiteitskoëfficiënt, statische elasticiteitsmodulus, totale afbreekarbeid, specifieke kontaktarbeid en volumetrische afbreekarbeid.

3) *Niet te verwaarlozen criteria* [3,4,6,8] :

— zijdelingse samendrukbaarheidskoëfficiënt van de gesteenten bepaald langs triaxiale weg,
— invloed van de snelheid van belasting,
— invloed van de hydrostatische en geostatische druk,
— invloed van de geometrische vorm van de bodem van het gat of de insnijding [9].

Wat de afbreekbaarheid van het gesteente betreft, die drukken we uit als volgt :

$$\text{Afbreekbaarheid} = \frac{1}{\sigma_{RED} \times A} \times 10^3$$

waarin :

σ_{RED} : beperkte indringingsweerstand « K.P.L. » (1) in kg/mm²,

A : $1/C \times 10^3$, dit wil zeggen de abrasiviteit « F.P.Ms » (2) [6] gebaseerd op de industriële indeling van gesteenten volgens abrasiviteit (naalden van 2, 3 en 4 mm in wolframcarbide, drukking 1,015 kg/mm², lineai-

1) Chaire de prospection des gisements de la Haute Ecole des Mines d'Ostrava.
2) Laboratoire Mines-Sondages-Mécanique des Roches de la Faculté Polytechnique de Mons.

(1) Zetel van de prospektie der afzettingen van de Hogere Mijnschool te Ostrava.
(2) Laboratorium Mijnen-Boringen-Gesteentemechanika van de Faculté Polytechnique de Mons.

0,08 m/s, nettoyage de la rainure par l'air comprimé), restant pour toute les roches jusqu'à présent examinées dans la zone abrasive du diagramme usure = f (P) [6],

10^3 : en kg/mm², c'est-à-dire le pouvoir destructif d'une puissante installation de forage ou de découpage, assurant dans ce classement une pression dans la direction verticale de l'ordre de 1000 kg/mm².

D'après cette expression, on peut établir un classement des roches d'après leur destructibilité (tableau III). Ce classement a son importance pour chaque fabri-

re snelheid van de naald 0,08 m/s, verwijdering van de groef door perslucht), die behouden blijft voor al de gesteenten die tot nu toe onderzocht werden in de abrasieve zone van het slijtagediagram f(P) [6],

10^3 : in kg/mm², dit wil zeggen dat het abreekvermogen van een krachtige boorinstallatie of winmachine in die indeling een drukking van de grootteorde van 1000 kg/mm² veroorzaakt in de vertikale richting.

Volgens deze uitdrukking kan men de gesteenten indelen naar hun afbreekbaarheid (tabel 3). Deze indeling is belangrijk voor elke fabrikant van boor-

TABLEAU III

Classement de quelques roches d'après leur destructibilité

TABEL III

Indeling van enkele gesteenten volgens hun afbreekbaarheid

Ech. 153 : béton (ciment Oilwell + eau).	Sch. 153 : beton (cement Oilwell en water).
Ech. 156 : marbre blanc de Botticino.	Sch. 156 : wit marmer van Botticino.
Ech. 127 : roche serpentineuse avec joints calcitiques, parcourue de filonnets à quartz, calcite, epidotite.	Sch. 127 : dooraderd gesteente met tussenlassingen van calciet, doorlopen door adertjes van kwarts, calciet, epidoot.
Ech. 155 : marbre bleu-vert de Larissa.	Sch. 155 : blauwgroen marmer van Larissa.
Ech. 154 : granit de Jazzberg-Impala.	Sch. 154 : graniet van Jazzberg-Impala.
Ech. 123 : rhyolyte (Canada).	Sch. 123 : rhycliet (Canada).
Ech. 124 : jaspe (Canada).	Sch. 124 : jaspis (Canada).
Ech. 129 : roche mylonitisée quartzitique.	Sch. 129 : gemylonitiseerde kwartshoudende rots.
Ech. 125 : gabbro (Canada).	Sch. 125 : gabbro (Canada).
Ech. 128 : diabase (Canada).	Sch. 128 : diabaas (Canada).

TABLEAU IV

TABEL IV

Echantillon n° F.P.Ms. Monster nr. F.P.Ms.	Essais de poinçonnage « Schreiner » Indringingsproef volgens « Schreiner »			Résistance réduite au poinçonnage K.P.L. Beperkte indringings-weerstand K.P.L.	Abrasivité F.P.Ms. Abrasiviteit F.P.Ms.	Destructibilité F.P.Ms.
	σ_p (kg/mm²)	Coefficient de plasticité Plasticiteits-koëfficiënt	Travail volumétrique de destruction Volumetrische afbreekarbeid (kgm/mm³)	σ_{RED} (kg/mm²)	$A = \frac{1}{C_A} \times 10^3$ (classement industriel) (•) (industriële indeling) (•)	$D = \frac{1}{\sigma_{RED} \times A} \times 10^3$ Afbreekbaarheid F.P.Ms.
157	4,24	3,025	0,00272	7,41	0,101	1336,—
153	35,4	12,97		127,64	0,115	68,1
156	170,15	1,67	0,013	208	0,119	40,4
127	158	1,29	0,00248	178,9	0,3	18,6
155	189	1,41	0,033	228	0,656	6,6
154	201	1,13	0,0056	244	1,37	2,99
123	421	1,38	0,00425	470	0,92	2,3
124	455	1,038	0,00956	442	1,04	2,17
129	353,5	1,22	0,0101	390	2,05	1,25
125	432	3,7	0,0101	790	2,28	0,555
128	475	1,14	0,0095	505,2	5,5	0,359

(•) Poinçon ⌀ 2, 3 et/ou 4 mm CTGST; pression 1.015 kg/mm²; V_1 = 0,08 m/s; fluide air comprimé.

(•) Naald ⌀ 2, 3 en/of 4 mm in CTGST; drukking 1,015 kg/mm²; V_1 = 0,08 m/s; fluïdum : perslucht.

cant d'outils de forage et de découpage, de même que pour leurs utilisateurs au point de vue du choix de l'outil vis-à-vis de la gamme très large des roches.

Quant à la destructibilité des roches en présence de différents outils de forage et de découpage et surtout en fonction de leurs régimes de travail, qui peuvent influencer sensiblement les résultats économiques de leur utilisation, il est bien évident qu'il s'agit d'un autre problème qui mériterait un exposé ou une publication supplémentaire.

of winwerktuigen en ook voor de gebruikers daarvan, in verband met de keuze van het werktuig met betrekking tot de zeer uiteenlopende gamma van gesteenten.

Wat de afbreekbaarheid van gesteenten betreft in aanwezigheid van verschillende boor- en winwerktuigen en vooral van de verschillende arbeidsregimes, die een grote invloed kunnen hebben op de ekonomische resultaten van het gebruik van de werktuigen, is het duidelijk dat men hier te doen heeft met een ander probleem dat moet worden opgelost en zou moeten behandeld worden in een afzonderlijke uiteenzetting of publikatie.

BIBLIOGRAPHIE — BIBLIOGRAFIE

1. Hucka-Monette : Mécanique des roches (notes de cours — Université LAVAL à Québec — 1971).
2. F. Bonnechere : Contribution à la détermination de l'état de contrainte des massifs rocheux (Thèse de doctorat, collection des publications de U.Lg, n° 32/1972).
3. Voropinov-Kittrich : Mécanique des roches I (SNTL Prague — 1964).
4. Brych J. : Mécanique des roches I (notes de cours F.P.Ms., 1972).
5. Prazsky-Jedlicka : Technologie du carottage (SNTL Prague 1969).
6. Brison-Brych : Influence des propriétés physico-mécaniques sur le processus de découpage des roches (Annales des mines, 1.1969).
7. Schreiner L.A. : Propriétés mécaniques et abrasives des roches (GOSTOP-TECHIZDAT — Moscou, 1958).
8. Rapports sur les recherches de forabilité des roches — T-3-20-01 de la H.E.M. — Ostrava (1965-68).
9. Brych-Hucka : The test of disintegrability of rocks « in situ » (à paraître).
10. J. Broul-P. Hofrichter : A comparison of four different methods of determining the shear strength of rock (comptes-rendus de la conférence géotechnique — Oslo, 1967).

Evolution des tirs en masse depuis dix ans aux carrières de Quenast

Evolutie van het massaal springwerk gedurende tien jaar in de groeven van Quenast

R. BRIGODE *

RESUME

Les différents essais sont relatifs à une carrière de pierre très dure. L'évolution des tirs est envisagée sous différents aspects : la nature de l'explosif, le quadrillage, le nombre de rangées verticales, l'inclinaison des fourneaux, la profondeur de forage sous l'aire, la quantité d'explosif par tonne en place et l'amorçage. Les résultats obtenus sont exprimés par le nombre de pétards pour 100 tonnes chargées.

Un mode de comptage des pétards au fur et à mesure des enlèvements permet de figurer l'hétérogénéité du massif. Une mention spéciale est faite pour l'explosif pâteux connu sous le nom de Irémite, ainsi que pour le cordeau détonant lourd, type Supercord à 40 grammes de penthrite par mètre. Les difficultés rencontrées lors de l'amorçage par le fond sont traitées brièvement. Quelques observations chiffrées de tirs permettent de trouver une méthode de comparaison en terrain non homogène. L'aspect vibration n'est qu'effleuré et fait l'objet d'un autre article.

INHALTSANGABE

Die verschiedenen Versuche betreffen einen Steinbruch von sehr hartem Gestein. Die Entwick-

SAMENVATTING

De verschillende proeven gebeurden in een groeve waar zeer harde steen ontgonnen wordt. De evolutie inzake springwerk wordt onder verschillende oogpunten beschouwd : de aard van de springstof, het rooster, het aantal vertikale reeksen, de helling van de mijngaten, de diepte waarop geboord wordt, de hoeveelheid springstof per ton vaste steen en de ontsteking. Het bekomen resultaat wordt uitgedrukt in aantal kneppers per 100 ton geladen steen.

Door het tellen van de kneppers gedurende het laden kan men een beeld krijgen van de heterogeniteit van het massief. Een speciale vermelding krijgt de deegachtige springstof die bekend staat onder de naam Iremiet, alsook de zware slagkoord, type Supercord, met 40 gram pentriet per meter. Kort wordt gehandeld over de moeilijkheden die men ondervindt bij het ontsteken in de bodem van het mijngat. Met behulp van enkele becijferde waarnemingen over afvuringen kan een vergelijkingsmetode worden opgemaakt voor heterogeen terrein. De kwestie van de trillingen wordt slechts even aangeraakt en wordt in een ander artikel behandeld.

SUMMARY

The various tests concern a quarry of very hard stone. The evolution of blasting is considered from

---

* Chef de Service Etudes - Production, S.A. des Carrières de Porphyre de Quenast, rue du Faubourg, 35 — 1381 Quenast.

lung der Sprengungen wird unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet : Art des Sprengstoffes, Aufteilung in Pfeiler, Anzahl der senkrechten Schußreihen, Neigung der Sprengkammern, Bohrtiefe unter der Oberfläche, Sprengstoffmenge pro Tonne und Zündung. Die erzielten Ergebnisse werden durch die Knallkapselanzahl pro 100 geladenen Tonnen ausgedrückt.

Ein Zählverfahren der Knallkapseln nach jedem Aushub ermöglicht eine Veranschaulichung der Ungleichartigkeit in der Feste. Besonders hervorgeheben werden der teigartige Sprengstoff, auch Iremit genannt, sowie die schwere Knallzündschnur vom Typ Supercord mit 40 Gramm Penthrit pro Meter. Es wird kurz über die Schwierigkeiten berichtet, auf die durch das Ansetzen von unten her gestoßen wird. Einige Zahlenangaben über Sprengungen ermöglichen ein Vergleichsverfahren für ungleichartigen Boden. Es wird nur ganz flüchtig auf den Aspekt der Erschütterungen eingegangen, der Gegenstand eines weiteren Artikels ist.

various aspects : the nature of the explosive, the squaring, the number of vertical rows, the gradient of the kilns, the depth of drilling below ground level, the quantity of explosive per ton on the spot, and the priming. The results obtained are expressed by the number of shots per 100 tons loaded.

A method of counting the shots as and when the stone is removed makes it possible to determine the heterogeneity of the rock mass. Special mention is made of the pasty explosive known as iremite; and also of the heavy firing lanyard of the Supercord type with 40 grammes of penthrite per metre. The difficulties encountered during priming from below are briefly dealt with. Some statistical observations of the shots make it possible to find a method of comparison in non-homogenous ground. The vibration aspect is only touched upon and is the subject of a separate article

---

1. GENERALITES

Les considérations ci-après sont relatives au cas particulier de Quenast. Comme chaque tir est un cas d'espèce, il faut être très prudent pour comparer les nombreux modes opératoires rencontrés dans la technique des tirs.

Le gisement de diorite porphyrique de Quenast est d'origine volcanique. Il a la forme d'une cheminée verticale, grossièrement cylindrique. L'éruption s'est produite au Primaire, entre le Silurien et le Dévonien moyen, dans la vallée de la Senne. Quenast se situe entre Tubize et Braine-le-Comte.

Lorsqu'on examine la roche, on voit qu'elle présente des cristaux apparents, disséminés dans une pâte cristalline de même nature que les phénocristaux; nous avons donc une structure porphyrique d'où l'appellation globale de porphyre donnée à cette roche. La formation des cristaux s'est faite en deux stades; à une certaine profondeur, dans les zones de refroidissement lent, il y a eu formation de phénocristaux; ensuite le refroidissement a été plus rapide par suite, sans doute, de la mise en place. Suite à ces refroidissements, le gisement présente de nombreuses fissures de retrait. Il y a peut-être aussi des traces de mouvements orogéniques.

1. ALGEMEEN

De hier volgende beschouwingen zijn toepasselijk op het bijzondere geval van Quenast. Vermits elke afvuring een afzonderlijke gebeurtenis is, moet men zeer voorzichtig zijn bij het vergelijken van de verschillende werkmetoden die in de schiettechniek te vinden zijn.

De afzetting porfierdioriet van Quenast is van vulkanische oorsprong. Ze heeft de vorm van een vertikale, in grote trekken cilindrische schouw. De uitbarsting moet gesitueerd worden in het primaire tijdperk tussen het Siluur en het Midden-Devoon, in de vallei van de Senne. Quenast ligt tussen Tubize en Braine-le-Comte.

Bij onderzoek van het gesteente ziet men daarin opvallende kristallen die verspreid liggen in een kristallijn deeg dat dezelfde eigenschappen heeft als de zichtbare kristallen; we hebben dus een porfierstruktuur en hiervan is dan ook de aan dit gesteente gegeven globale naam van porfier afkomstig. De kristallen werden in twee fazen gevormd; op een bepaalde diepte waar de afkoeling traag gebeurt, werden zichtbare kristallen gevormd; vervolgens verliep de afkoeling sneller, vermoedelijk bij het uittreden. Wegens deze afkoeling vertoont de afzetting talrijke krimpscheuren. Misschien zijn er ook wel sporen van orogenetische bewegingen.

Avant de montrer l'influence de ces fissures, il faut donner quelques précisions sur la composition de la roche elle-même. L'analyse chimique donne 65 % de silice, heureusement présente sous forme de silicates, les autres composants étant, par ordre décroissant, l'alumine, l'ensemble des alcalis, l'oxyde de fer, la chaux, la magnésie. Le poids spécifique du porphyre est de 2700 kg par m³ et la résistance à la compression est au minimum de 2800 kg par cm². Le porphyre est connu pour sa résistance à l'usure, mais nous trouverons la contrepartie de cette qualité dans les difficultés de perforation. A titre d'exemple, un taillant Stenuick classique, marteau dans le trou, fait péniblement 135 m.

L'exploitation des Carrières de Quenast présente à peu près la forme d'une ellipse dont le grand et le petit axe ont respectivement 1600 et 600 m de longueur environ. Le gisement est exploité par gradins de hauteurs différentes. Partant de la surface, on a d'abord un gradin d'une hauteur moyenne de 45 m, puis un gradin de 30 m et enfin deux gradins de 15 m.

Avant de parler des tirs, je voudrais revenir sur une caractéristique de gisement qui a déjà été mentionnée. Nous avons dit que la roche était recoupée par de nombreuses fissures de retrait. Ces fissures se présentent comme des surfaces sensiblement planes et ont comme propriété principale, à l'étage supérieur, d'être ouvertes. Elles traversent le rocher parfois sur toute la hauteur de l'étage, mais n'obéissent à aucune loi de répartition précise. On a simplement observé que, dans le voisinage d'un plan de retrait bien marqué, il existe généralement quelques plans de retrait parallèles au premier, mais de moindre importance. L'ensemble de ces plans grossièrement parallèles est recoupé par une deuxième famille de plans de retrait et parfois le tout par une troisième série.

Il y a déjà eu plusieurs tentatives de classement de ces discontinuités, notamment en essayant de trouver, par analogie avec la rose des vents, une rose des pendages. Hormis à la limite du gisement, on est forcé d'admettre le caractère sauvage de ces discontinuités. Si en plus, on observe que certaines des fissures ouvertes sont tapissées d'oxyde de fer ou remplies de matériaux rocheux qui n'assurent pas la liaison des faces, on comprend que ces solutions de continuité auront une grande importance sur les résultats des tirs. Nous reviendrons plus tard sur les distances qui séparent ces discontinuités lorsqu'il sera question de la fragmentation naturelle de la roche.

Vooraleer de invloed van deze spleten uiteen te zetten, moeten we enkele bijzonderheden geven over de samenstelling van het gesteente zelf. De scheikundige ontleding geeft 65 % silicium, gelukkig in de vorm van silikaten; dan volgen in afnemende volgorde van belangrijkheid : aluminiumoxyde, de groep van de aardmetalen, ijzeroxyde, kalk, magnesium. Het soortelijk gewicht van porfier is 2700 kg/m³ en de drukweerstand bedraagt minstens 2800 kg/cm². Het porfier is gekend voor zijn sleetvastheid maar we ondervinden de keerzijde van deze eigenschap bij het boren. Een klassieke Stenuick-beitel met de hamer in het boorgat zal bij voorbeeld met moeite de 135 m halen.

De ontginning van de groeven van Quenast verloopt ongeveer ellipsvormig; de grote en de kleine as meten respektievelijk ongeveer 1600 en 600 m. De afzetting wordt ontgonnen door middel van trappen met verschillende hoogte. Te beginnen met de bovengrond heeft men eerst een trap met een gemiddelde hoogte van 45 m, dan één van 30 m en tenslotte twee van 15 m.

Vooraleer te spreken over het springwerk, zou ik willen terugkomen op een kenmerk van de afzetting dat reeds eerder werd vermeld. We hebben gezegd dat het gesteente doorsneden wordt door talrijke krimpscheuren. Deze scheuren komen voor als vrij effen vlakken en in de bovenste verdieping is hun voornaamste eigenschap dat ze open staan. Soms doorlopen ze het gesteente over heel de hoogte van de bovenste verdieping, doch ze volgen geen enkele wet inzake een nauwkeurige verdeling. Men heeft alleen waargenomen dat er zich in de nabijheid van een goed zichtbare krimpscheur meestal enkele krimpscheuren bevinden die evenwijdig zijn aan de eerste doch minder belangrijk. Het geheel van deze vlakken die grofweg evenwijdig lopen, wordt doorsneden door een tweede bundel krimpscheuren en soms door een derde reeks.

Er werden reeds verschillende pogingen ondernomen om deze diskontinuïteiten te klasseren; men heeft bij voorbeeld getracht, zoals de windroos, een roos op te maken voor de hellingen. Uitgezonderd wat de grenzen van de afzetting betreft, moet men toegeven dat de diskontinuïteiten een willekeurig verloop hebben. Als men bovendien waarneemt dat sommige van deze open discontinuïteiten bedekt zijn met ijzeroxyde of gevuld met steenachtig materiaal dat geen verbinding tot stand brengt tussen de vlakken, kan men begrijpen dat deze onderbrekingen een grote invloed hebben op het springwerk. We komen later terug op de afstanden die met deze discontinuïteiten gepaard gaan wanneer we het hebben over de natuurlijke verbrokkeling van het gesteente.

TABLEAU I — TABEL I

Evolution des tirs en masse — Evolutie van het massaspringwerk
(front de 15 m — front van 15 m)

		1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972		
Nature de l'explosif	Dynamite plus nitrate Dynamiet en nitraat	Slurry nitrate plus aluminium Slurry nitraat en aluminium	Slurry Slurry						Slurry Slurry	Slurry Slurry	Slurry Slurry	Slurry dans pieds Slurry in de voet	Aard van de springstof
Quadrillage (m × m)	2,75×2,75		3 × 4 4 × 3 4 × 4	2,5 × 2,5 2,5 × 2,5								2,5 × 2,5	Rooster (m × m)
Nombre rangées mines verticales	3	4	4-5	3-4	3			2-3				3-2	Aantal reeksen van vertikale mijnen
Inclinaison des trous (%)	10				25	15			35	35	15	15	Helling van de boorgaten (%)
Explosif par tonne en place (g)	< 100	125-135	100		130	125			165	165	165	165	Hoeveelheid springstof per vaste ton (g)
Amorçage (ms)	20					20 + 2			Par le fond In de bodem	Supercord Supercord		10 20 2	Ontsteking (ms)
Profondeur sous l'aire (m)	—				2	0	0	0	0,85	0,85	0,50	0,50	Diepte onder het maaiveld (m)
Nombre de pétards par 100 tonnes (arasement de l'aire non compris)	4,5	5-7	7	5	5	4-5			4	4	4	4	Aantal kneppers per 100 ton (gelijkmaken van het maaiveld niet inbegrepen)

2. EVOLUTION DES TIRS EN MASSE DEPUIS DIX ANS

Les tirs en masse d'une certaine importance sont pratiqués à Quenast depuis les années 1948-1950; nous nous bornerons à décrire schématiquement l'évolution des tirs durant les dix dernières années. Qui dit évolution, dit essais comparatifs et c'est la raison pour laquelle j'ai choisi le front de 15 m à l'étage III. En effet, les fissures dont il a été question précédemment sont de moins en moins ouvertes à mesure que l'on descend en profondeur dans le massif. Autrement dit, la roche est plus homogène en profondeur, ce que l'on peut constater facilement en observant les arrachements sur les parois après les tirs. Pour extrapoler les résultats aux autres fronts plus proches de la surface où les essais ne sont plus comparables à cause de l'hétérogénéité due aux fissures marquées, il faudra effectuer des observations supplémentaires.

Bref, nous avons repris, dans le tableau I, le schéma des essais pratiqués au front de 15 m. Sur ce tableau, on peut lire les années en abscisses et en ordonnées les facteurs principaux d'un tir, tels que : la nature de l'explosif, le quadrillage, le nombre de rangées verticales, l'inclinaison des fourneaux, la profondeur de forage, la quantité d'explosif par tonne en place, l'amorçage et finalement le résultat exprimé indirectement par le nombre de pétards pour 100 tonnes chargées. Dans les deux colonnes d'extrémité du tableau, nous avons noté quelques indications sur ces différentes caractéristiques en 1962 et en 1972. Comme on peut le constater dans le tableau, plusieurs caractéristiques furent parfois modifiées simultanément. A première vue, cela semble un non-sens lorsque l'on veut faire des essais comparatifs, mais tout le monde comprend que la mise en œuvre d'un explosif nettement plus puissant par exemple, impose pratiquement une modification du quadrillage. Le premier paramètre examiné sera le nombre de rangées verticales d'un tir.

3. NOMBRE DE RANGEES VERTICALES D'UN TIR

Une première constatation est immédiate : pour une longueur de front donnée, les tirs à plusieurs rangées donnent, toutes autres choses égales, par mètre de longueur de front, au cours d'une période donnée, une production plus élevée tout au moins dans les cas où la perforation des mines horizontales s'impose. Il suffit de se rappeler qu'entre le forage des mines horizontales de deux tirs successifs, il faut nettoyer la paroi, ce que l'on appelle chez nous peigner le rocher. Cela

2. EVOLUTIE VAN HET MASSASPRINGWERK GEDURENDE TIEN JAAR

Vrij belangrijk massaspringwerk wordt te Quenast verricht sedert de jaren 1948-1950; we zullen ons beperken tot een schematische beschrijving van de evolutie van het springwerk gedurende de laatste tien jaar. Wie evolutie zegt, zegt vergelijkende proeven, en daarom heb ik het front van 15 m op verdieping III gekozen. De spleten waarover reeds gesproken werd, staan immers minder en minder ver open naargelang men dieper in het massief afdaalt. Met andere woorden : in de diepte is de rots meer homogeen, en dat ziet men bij het observeren van het volume dat na schieten losgerukt is van de wanden. Om de resultaten ook toe te passen op de andere fronten die dichter bij de oppervlakte liggen, waar de proeven niet meer onderling kunnen vergeleken worden wegens de heterogeniteit die zelf een gevolg is van de duidelijke spleten, moeten bijkomende metingen verricht worden.

Kortom, we hebben in tabel I het schema gegeven van de proeven die aan het front van 15 m werden uitgevoerd. Op deze tabel leest men in abscis de jaren en in ordinaat de voornaamste faktoren die bij een schot belang hebben zoals de aard van de springstof, het rooster, het aantal vertikale reeksen, de helling van de boorgaten, de boordiepte, de hoeveelheid springstof per ton vaste steen, de ontsteking en eindelijk het resultaat dat onrechtstreeks wordt aangegeven door het aantal kneppers per 100 geladen ton. In de laatste twee kolommen van de tabel hebben we in verband met deze verschillende kenmerken enkele bijzonderheden vermeld voor de jaren 1962 en 1972. Zoals men op de tabel kan zien, werden verschillende kenmerken soms tegelijkertijd veranderd. Op het eerste gezicht lijkt het onzin zo men vergelijkende proeven wil uitvoeren, maar iedereen begrijpt dat bij voorbeeld het overschakelen naar een duidelijk sterkere springstof een wijziging noodzakelijk maakt van het rooster. De eerste parameter die onderzocht wordt, is het aantal vertikale reeksen voor één afvuring.

3. AANTAL VERTIKALE REEKSEN BIJ AFVURING

Men kan aanstonds een eerste vaststelling maken : voor een gegeven frontlengte geven de schoten met verschillende reeksen bij overigens gelijk blijvende omstandigheden en in de loop van een gegeven periode per meter front een hogere produktie, ten minste in die gevallen waarin horizontale mijnen moeten geboord worden. Men moet er alleen maar aan denken dat men tussen het boren van de horizontale mijnen van twee opeenvolgende afvuringen de wand moet

ne peut se faire qu'avec du personnel spécialisé, donc coûteux, du genre alpiniste. Cependant, on pourrait objecter dès maintenant que le tir avec fourneaux verticaux sous l'aire et la suppression des mines horizontales, accélèreraient la fréquence au même front. Cela est exact, mais d'abord la méthode avec forage sous l'aire n'est pas d'application générale et ensuite il y a une seconde constatation sur la nature des tirs qui est très importante.

La figure 1 représente la coupe d'un tas après tir. Il est constant, dans le cas de Quenast, et d'ailleurs quelle que soit la hauteur de l'étage, de constater que l'intérieur du tas est généralement composé de produits plus fins, avec quelques gros blocs épais, et que la surface visible du tas apparaît comme saupoudrée de gros blocs. En y regardant de plus près, on trouve également un lit de gros blocs, pratiquement jointifs, sur l'aire. Cela est très gênant pour les pelles car, comme on le sait, les engins de chargement attaquent le tas au ras du sol. Comme ces gros blocs sont, pour la plupart, impropres au chargement direct, soit qu'ils n'entrent pas dans le godet de la pelle ou qu'ils s'y coincent, soit plus fréquemment qu'ils ne passent pas dans les concasseurs, la pelle doit les soulever «à bout de dents» et les déposer derrière elle. Le pétardage réduira la dimension des blocs pour les rendre chargeables.

Pour revenir à la physionomie des tas, on fera, en outre, la constatation que les débris du forage se retrouvent toujours à la partie supérieure du tir. D'autre part, grâce à l'étude cinématographique des tirs, on a pu observer que les blocs les plus éloignés de la paroi proviennent de la face visible du front avant tir et, de façon plus précise, d'un endroit situé entre la moitié et les deux-tiers de la hauteur de la tranche en avant de la première rangée de fourneaux.

Sans entrer dans les détails sur les vérifications de la provenance des blocs qui enveloppent l'intérieur du tas mieux fragmenté, on sait donc que la partie intérieure, la plus facile à charger, pro-

reinigen, hetgeen men hier het afkammen van het gesteente heet. Dit kan alleen gedaan worden door gespecialiseerd, dus duur personeel, een soort alpinisten. Men kan echter nu reeds zeggen dat het schieten met vertikale mijngaten onder het maaiveld en het afschaffen van de horizontale mijnen aan een zelfde front een hogere frekwentie geeft. Dat is juist maar eerst en vooral wordt het boren onder het maaiveld niet algemeen toegepast en bovendien wordt inzake de aard van het springwerk een andere en zeer belangrijke vaststelling gedaan.

Figuur 1 geeft een doorsnede door een hoop verse afslagstenen. In Quenast, en wat ook de hoogte van de verdieping mag zijn, ziet men altijd dat het binnenste van de hoop bestaat uit fijnere produkten met enkele dikke brokken terwijl het zichtbare gedeelte van de hoop bezaaid schijnt te zijn met grote brokken. Kijkt men van dichterbij, dan ziet men ook een bed van haast aaneengesloten grote brokken onder het maaiveld. Dat is zeer vervelend voor de schoppen want zoals men weet zoeken de laadmachines de hoop op tegen de vloer. Vermits deze grote brokken over het algemeen niet rechtstreeks kunnen geladen worden, ofwel omdat ze niet in de emmer van de schop gaan of er zich in vast klemmen, ofwel omdat ze, wat meer gebeurt, niet door de breker kunnen, moet de schop ze oplichten met « lange tanden » en ze achter zich neerzetten. Door het schieten van lichte mijnen worden de afmetingen van de blokken zo verminderd dat ze kunnen geladen worden.

Om terug te komen op het uitzicht van de steenhoop : men zal ook vaststellen dat het boormeel steeds in het bovenste gedeelte van de afslag ligt. Anderzijds heeft men door cinematografische studie van het schieten kunnen zien dat de brokken die het verst van het front liggen, voortkomen van de voorkant van het front die vóór het schieten zichtbaar was en meer bepaald van een punt gelegen tussen het midden en de twee derden in hoogte van de schijf die voor de eerste reeks mijnen lag.

Zonder in bijzonderheden te treden over de herkomst van de brokken die het beter gebroken binnenste van de steenhoop omgeven, weet men dus dat het binnenste, dat het gemakkelijkst te laden is, voortkomt van de andere reeksen mijnen

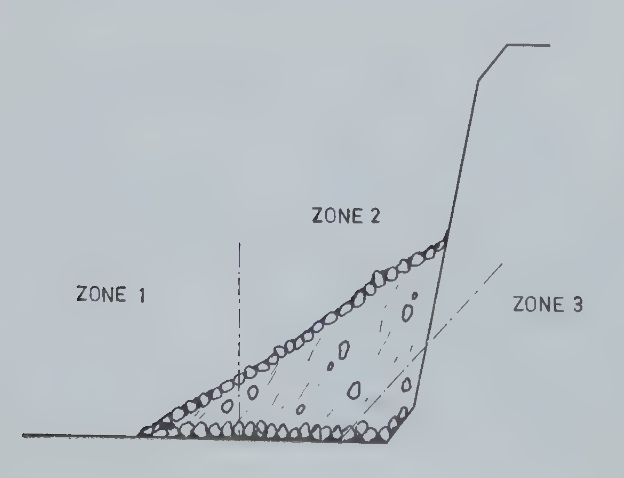


Fig. 1.

vient des rangées de mines autres que la première. Il est facile, maintenant, de démontrer que le tir à une seule rangée ne supprime ni le pied ni la bordure de gros blocs et que toute la différence concerne la partie intéressante. La façon dont se présentent les tas indique donc qu'il y a intérêt, dans le cas de Quenast, à augmenter le nombre de rangées, non seulement pour obtenir un plus fort tonnage par mètre courant de longueur de front, mais surtout pour augmenter la qualité des tas, c'est-à-dire accroître la fragmentation de la roche abattue. Pour chiffrer ce résultat, nous avons construit le graphique n° 2 à partir des données faciles à recueillir. En abscisses, nous avons porté les tonnages cumulés évacués journellement et en ordonnées le nombre de pétards également cumulé. Comme un bloc nécessite un pétard, rarement plus au front de 15 m, le nombre de pétards est un bon estimateur du nombre de blocs trop gros présents dans le tir. Le ramassage d'un tas se faisant par cheminement de la pelle en passes successives parallèles au front et non par enlèvement en arc de cercle rentrant progressivement dans le tas, les points de la figure 2 correspondent bien aux différentes zones indiquées sur le graphique 1. L'ordonnée à l'origine différente de zéro correspond à la préparation par pétardage de la bordure du tas avant tout enlèvement. Le tronçon AB correspondant au début de l'enlèvement, soit encore la zone I de la figure 1, a une pente très élevée. Le tronçon BC, c'est-à-dire celui où le nombre de pétards à la tonne est le moins élevé, correspond à la zone 2 qui comprend le cœur du tas. Cette zone comprend également l'intérieur du tas situé contre la paroi du rocher, car il suffit d'observer que, lors du pelletage des produits sur une certaine hauteur, il y cheminement progressif vers la pelle, par éboulements successifs, des produits de la partie supérieure. Enfin, la brusque remontée CD du nombre de pétards à la tonne correspond au chargement du pied qui est toujours une opération délicate. Par exemple, avec une moyenne générale de 5 pétards par 100 tonnes

dan de eerste. Nu is het gemakkelijk om aan te tonen dat men bij schieten in één enkele reeks noch de voet van de hoop noch de rand van dikke brokken voorkomt en dat heel het verschil slaat op het gunstige gedeelte. De manier waarop de steenhopen gevormd worden, wijst er op dat men er in het geval van Quenast voordeel bij heeft het aantal reeksen te verhogen, niet alleen om een grotere tonnage per strekkende meter front te bekomen maar vooral om steenhopen van een betere kwaliteit te krijgen d.w.z. om een sterkere verbrokkeling van het gesteente te bekomen. Om dit resultaat in cijfers uit te drukken hebben we grafiek 2 gekonstrueerd uitgaande van gemakkelijk te bekomen gegevens. In abscis hebben we de gekumuleerde tonnage gezet die per dag wordt geladen, in ordinaat het eveneens gekumuleerde aantal kneppers. Vermits een brok waarvoor een knepper nodig is (zelden meer aan een front van 15 m) is het aantal kneppers een goede maatstaf voor het aantal te grote brokken die van de afvuring voortkomen. Aangezien het opladen gebeurt door het heen en weer bewegen van de schop in opeenvolgende banen die evenwijdig met het front lopen, en niet door het opnemen volgens een cirkelomtrek die geleidelijk in de hoop dringt, komen de punten van figuur 2 goed overeen met de verschillende zones die in grafiek 1 worden gegeven. De oorsprongordinaat die van nul verschilt, komt voort van het bewerken met kneppers van de buitenrand van de steenhoop, nog vóór iets wordt geladen. De strook AB komt overeen met het begin van het laden, of ook met zone I van figuur 1, met een zeer sterke helling. De strook BC, die waarvoor het aantal kneppers per ton het laagst is, komt overeen met zone 2 die het midden van de hoop bevat. Deze zone bevat ook het binnenste van de hoop tegen de rotswand; men ziet immers dat er, wanneer de produkten tot op een zekere hoogte zijn weggeschept, een verschuiving van de produkten uit het bovenste gedeelte optreedt in de richting van de schop door opeenvolgende instortingen. Tenslotte komt de bruuske stijging CD van het aantal kneppers per ton overeen met het laden van de voet hetgeen steeds een moeilijke bewerking is. Nemen we bij voorbeeld een algemeen gemiddelde van 5 kneppers per 100 t voor een bepaalde steenhoop, dan hebben we bij het begin van het laden

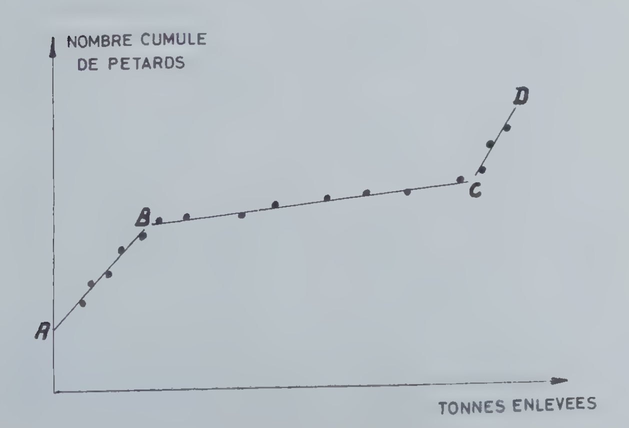


Fig. 2.

Nombre cumulé de pétards : gekumuleerd aantal kneppers
tonnes enlevées : geladen ton.

pour un tas donné, nous avons au début de l'enlèvement 9 pétards par 100 tonnes (après une préparation avant enlèvement équivalente à un supplément qui donnerait en fait 14 pétards par 100 tonnes sans préparation), puis une zone avec 1 à 2 pétards par 100 tonnes, et finalement, lors de l'enlèvement du pied, 14 à 16 pétards par 100 tonnes.

On voit donc l'intérêt qu'il y a à augmenter l'importance de la zone 2.

Il y a naturellement une limite à l'augmentation du nombre de rangées de mines d'un tir. Cette limite est atteinte quand, à l'arrière du tir, on observe, en plus des quelques fissures parallèles au front normalement présentes, de longues fissures ouvertes perpendiculaires au front, avec soulèvement des parties du massif, ce qui rend le forage suivant très pénible sinon impossible. Comme le montre le tableau I, nous avons été jusqu'à 5 rangées de mines au front de 15 m. Nous sommes arrivés à la conclusion générale suivante pour l'ensemble des étages : dans notre cas et avec les explosifs actuellement connus, on peut effectuer des tirs à deux rangées distantes de 4 m au front de 45 m; 2 ou 3 rangées, suivant le cas, distantes de 3 m au front de 30 m et 3 rangées distantes de 3 m au front de 15 m. Cette conclusion contient implicitement des ordres de grandeur sur les distances entre les rangées, ce qui nous amène tout naturellement à parler du quadrillage.

9 kneppers per 100 t (na een voorbereiding vóór het laden die met een verhoging overeenkomt die in werkelijkheid 14 kneppers per 100 t zou bedragen zonder voorbereiding), dan een zone met 1 tot 2 kneppers per 100 t, en tenslotte bij het laden van de voet 14 tot 16 kneppers per 100 t. Men ziet dus hoe belangrijk het is zone 2 uit te breiden.

Natuurlijk kan het aantal reeksen mijnen van een schot niet oneindig worden uitgebreid. De grens wordt bereikt wanneer men na het schieten niet alleen enkele spleten ziet die evenwijdig lopen met het front en er altijd zijn, maar ook lange open spleten die loodrecht op het front staan, waardoor stukken van het massief worden opgelicht en waardoor het boren van de volgende pas ten zeerste bemoeilijkt wordt, zoniet onmogelijk gemaakt. Zoals tabel I aangeeft zijn we gegaan tot 5 reeksen mijnen aan het front van 15 m. We zijn tot het volgende algemene besluit gekomen, een besluit dat geldt voor het geheel van onze verdiepingen : in ons geval en met de thans gebruikte springstoffen kan men gaan tot 2 reeksen op een afstand van 4 m aan het front van 45 m; tot 2 of 3 reeksen naargelang van het geval, op een afstand van 3 m aan het front van 30 m en tot 3 reeksen op een afstand van 3 m aan het front van 15 m. Dit besluit houdt impliciet rekening met de grootteorde van de afstanden tussen de reeksen, hetgeen ons vanzelf ertoe brengt te spreken over het rooster.

4. QUADRILLAGE D'UN TIR

Toutes les théories qui furent avancées à ce sujet sont toujours basées sur une hypothèse relative à l'homogénéité du massif, ce qui signifie en clair que nous ne pouvions nous y référer. Dans notre massif, la distance entre les pseudo-plans de retraits d'une même famille de fissures, surtout aux environs d'une fissure bien marquée, est telle que les blocs découpés naturellement sont pratiquement des blocs de 3 à 5 tonnes, donc non chargeables directement. De plus, on constate que les blocs après tirs présentent au moins une face sensiblement plane où il est facile, grâce à la coloration, de retrouver les fissures, ouvertes ou non, dont il a été longuement question. Autrement dit, on doit réduire un massif préfissuré à des dimensions inférieures à la distance entre fissures naturelles, ce qui est un problème difficile. Nous avons procédé par tâtonnements pour définir le quadrillage. La limite inférieure est donnée par le coût de la perforation mais également par l'inutilité de forer des trous, même de diamètres plus petits (70 mm au lieu de 85 ou 105) que l'on ne peut remplir complètement d'explosif. De plus, la roche située entre le

4. HET SCHIETROOSTER

Al de teorieën die hierover werden geopperd, zijn steeds gebaseerd op een veronderstelde homogeniteit van het massief hetgeen betekent dat wij ze niet konden gebruiken. In ons massief is de afstand tussen de pseudo-krimpvlakken van een zelfde familie van spleten, vooral in de omgeving van een duidelijke spleet, van die aard dat de op een natuurlijke wijze gevormde blokken 3 tot 5 ton wegen en dus niet rechtstreeks kunnen geladen worden. Bovendien ziet men dat de blokken na het schieten minstens één zo goed als vlakke zijde hebben waarin men dank zij de kleur de al dan niet openstaande spleten waarover reeds zo lang gesproken wordt, gemakkelijk kan terugvinden. Met andere woorden, men moet een vooraf reeds gespleten massief terugbrengen tot afmetingen die kleiner zijn dan de afstanden tussen de natuurlijke spleten, hetgeen een moeilijk probleem schept. We hebben moeten tasten om het rooster samen te stellen. De onderste grens wordt bepaald door de prijs van het boren maar ook door de overweging dat het nutteloos is gaten te boren, zelfs met een kleinere doormeter (70 mm in plaats van 85 of 105) die men

front et la première rangée de fourneaux semble être pénalisée par les fissures beaucoup plus que la roche située au-delà de la première rangée. Pour prouver cela, nous avons remplacé l'explosif lent habituel (mélange nitrate-fuel) par un explosif plus brisant, mais plus coûteux comme la dynamite n° III, sans apporter de différences significatives à la fragmentation. Autrement dit, ce qui se passe en avant de la première rangée de fourneaux est très différent de ce qui se passe à l'arrière.

Je sais que tout le monde n'est pas d'accord avec ce point de vue mais nous avons, par excès, constaté qu'un fourneau de la première rangée, surchargé d'un explosif brisant, ne fragmentait pratiquement pas plus la roche mais la projetait plus loin, parfois trop loin. Le contremaître résume très bien cela en disant : « ils ne sont pas plus petits, mais ils vont plus loin ».

Dès lors, pour revenir à notre choix du quadrillage, il est inutile, comme les chiffres l'ont prouvé, de placer la première rangée de mines à moins de 2,5 m de la paroi et d'y espacer les mines à moins de 2 m.

Pour les tirs à plusieurs rangées, nous avons fait des essais avec des écartements variant de 2,50 m à 4 m par sauts de 25 cm, entre les diverses rangées aussi bien qu'entre les mines d'une même rangée.

Lorsque la distance entre les fourneaux d'un même rang ou la distance entre deux rangs consécutifs dépasse 3 m, le nombre de pétards à la tonne augmente de 40 %, sauf au front de 45 m. Pratiquement, entre 1962 et 1972, on est passé d'un quadrillage de 2,75 x 2,75 à un quadrillage de 2,50 x 2,50 après avoir essayé et abandonné les mailles 3 x 4, 4 x 3 et 4 x 4 m. Inutile de préciser que le diamètre de forage était adapté au mieux pour que l'on puisse minimiser la longueur des bourrages intermédiaires, c'est-à-dire utiliser au maximum les longueurs forées compte tenu d'une quantité d'explosif imposée de 120 à 130 g par tonne en place. Comme on le voit à nouveau pour cette variable quadrillage, elle ne peut pas jouer seule et on doit tenir compte de la nature des explosifs.

5. NATURE DES EXPLOSIFS ET QUANTITE D'EXPLOSIF A LA TONNE

Avant d'examiner les résultats des essais, il faut distinguer deux problèmes : d'abord et avant tout le problème de la sortie des « pieds », c'est-à-dire le travail des explosifs de l'extrémité infé-

niet helemaal met springstof kan vullen. Bovendien schijnt het gesteente tussen het front en de eerste reeks mijngaten veel meer spleten te bevatten dan het gesteente achter deze reeks. Om dat te bewijzen hebben we de trage springstof die men gewoonlijk gebruikt (een mengsel van nitraat en fuel), vervangen door een meer brisante maar ook duurdere springstof zoals dynamiet III, en dat heeft geen merkelijke verandering gebracht in het verbrokkelen. Met andere woorden : hetgeen gebeurt vóór de eerste reeks gaten is helemaal verschillend van hetgeen erachter gebeurt.

Ik weet dat niet iedereen het hiermee eens is doch we hebben ten overvloede vastgesteld dat een boorgat van de eerste reeks dat met een brisante springstof was overbeladen, het gesteente haast niet meer verbrokkelde doch wel verder wegsmeet, soms zelfs te ver. De meestergast vat het zeer goed samen waar hij zegt : « Ze zijn niet kleiner maar ze gaan verder weg ».

Om nu terug te komen tot de keuze van het rooster : zoals de cijfers aantonen is het nutteloos de eerste reeks mijnen te plaatsen op minder dan 2,5 m van de wand en de mijnen daarop te plaatsen op onderlinge afstanden van minder dan 2 m.

Voor afvuringen met verscheidene reeksen hebben we proeven gedaan met afstanden gaande van 2,50 m tot 4 m met sprongen van 25 cm, zowel tussen de verschillende reeksen als tussen de mijnen van een zelfde reeks.

Wanneer de afstand tussen de mijnen van een zelfde reeks of de afstand tussen twee reeksen die op elkaar volgen meer wordt dan 3 m, neemt het aantal kneppers per ton toe met 40 % uitgezonderd aan het front van 45 m. Praktisch is men tussen 1962 en 1972 overgegaan van een rooster van 2,75 × 2,75 op een rooster van 2,50 × 2,50, na mazen van 3 × 3, 4 × 3 en 4 × 4 beproefd en verworpen te hebben. Onnodig te verduidelijken dat de doormeter van het gat zo goed mogelijk werd aangepast om te komen tot een minimumlengte van de tussengelegen opstoppingen d.w.z. om de geboorde lengte zo goed mogelijk te gebruiken, rekening houdend met een opgelegde hoeveelheid springstof van 120 tot 130 g per vaste ton. Zo ziet men weer eens dat deze veranderlijke, het rooster, niet alleen in aanmerking kan genomen worden en dat moet rekening gehouden worden met de aard van de springstof.

5. AARD VAN DE SPRINGSTOF EN HOEVEELHEID SPRINGSTOF PER TON

Voor men de resultaten van de proeven onderzoekt, moet men een onderscheid maken tussen twee problemen : eerste en vooral het probleem van het uitwerpen van de « voet », dus de arbeid

rieure des fourneaux verticaux ou des fourneaux horizontaux; ensuite le problème des fourneaux verticaux tout le long de la paroi, sauf l'extrémité inférieure. En ce qui concerne la sortie des pieds, en roche dure, le meilleur explosif connu jusqu'à présent lorsque le pied n'est pas excessif est le slurry * dopé à l'aluminium connu sous le nom d'Iremite. L'iremite permet de sortir un pied au dessus de l'aire de 6 m contrairement à la dynamite qui ne fait, toutes choses égales, qu'ébranler la masse sans déplacer les pierres, mais seulement les séparer les unes des autres. Il s'ensuit un travail très pénible pour la pelle. Les essais de slurry furent effectués dès 1963 lors de la première apparition de ce type d'explosif sur le marché belge. On peut constater (tableau I) que les années 65 à 69 n'ont vu aucun nouvel essai et que ces années correspondent plus ou moins à la mise au point des deux dernières versions de slurry.

Le long des fourneaux verticaux, nous avons obtenu les meilleurs résultats, en initiant le nitrate-fuel non plus par un cordeau léger qui influençait les accélérateurs (cartouches de dynamite) répartis le long des fourneaux tous les 1,50 à 2 m, mais en initiant directement le nitrate-fuel par un cordon type supercord sans accélérateur. Les résultats valent grosso modo ceux que l'on obtient avec l'emploi du slurry et nous considérons que, dans ce cas, 800 g de dynamite peuvent être remplacés par 1 kg de nitrate.

Je crois que le slurry dopé à l'aluminium et le cordeau supercord sont les deux grands progrès des dernières années.

En ce qui concerne la quantité d'explosif par tonne en place, on est passé en 10 ans de 100 à 165 g. Des essais faits avec 350 et 400 g par tonne en place, avec des trous de plus grands diamètres dans un quadrillage classique, montrent que le nombre de pétards à la tonne — c'est-à-dire le résultat — descend asymptotiquement non pas vers zéro, mais vers 1,5 à 2 pétards par 100 t.

* Le slurry est un explosif pâteaux composé d'un mélange de nitrate et de T.N.T. avec différents composants destinés à maîtriser la viscocité ou à faciliter la détonation. Certains types de slurry se mettent en œuvre facilement à l'aide d'une pompe se trouvant sur le camion du fournisseur. D'autres catégories de slurry, notamment ceux dopés avec de la poudre d'aluminium, sont vendues en cartouches sous plastique, ce qui facilite la manutention et permet cependant d'obtenir un bon remplissage du fourneau. Ce type d'explosif doit son succès à une loi bien connue : remplir un trou avec un explosif de forte densité, ce qui n'était possible ni avec des cartouches qui laissent toujours un vide annulaire ni avec un explosif léger.

die dient geleverd door de springstoffen die zich bevinden in het onderste gedeelte van de vertikale mijnen of van de horizontale mijnen; vervolgens het probleem van de boringen die over heel de wand vertikaal zijn uitgezonderd het ondereind. Wat het uitwerpen van de voet in hard gesteente betreft, is de beste tot nu toe bekende springstof, daar waar de voet niet te zwaar is, met aluminium gedoopte slurry *, gekend als Iremiet. Met Iremiet wordt een voet boven het niveau van 6 m uitgeworpen in tegenstelling met dynamiet dat bij overigens gelijke omstandigheden de massa enkel verbrijzelt zonder de stenen te verplaatsen; de stenen worden enkel van elkaar gescheiden. Dit betekent voor de schop een zeer moeilijke arbeid. De proeven met slurry werden sinds 1963 uitgevoerd, toen deze springstof voor het eerst verscheen op de Belgische markt. Men ziet (tabel I) dat er van 1965 tot 1969 geen enkele nieuwe proef werd gedaan en dat deze jaren min of meer overeenkomen met de periode waarin de laatste twee versies van slurry werden uitgewerkt.

In vertikale mijnen hebben we de beste resultaten bekomen, niet door het nitraat-fuel-mengsel te ontsteken met behulp van een lichte lont die werkt op versnellers (dynamietpatronen) die men over heel de lengte van de boorgaten verdeelt over afstanden van 1,50 tot 2 m, maar door het nitraat-fuel-mengsel rechtstreeks te ontsteken met een lont van het type supercord en zonder versneller. De resultaten zijn grosso modo dezelfde als met slurry en wij menen dat men in dat geval 800 g dynamiet kan vervangen door 1 kg nitraat.

Naar mijn mening zijn met aluminium gedoopte slurry en de lont supercord de twee grootste vorderingen van de laatste jaren.

Wat de hoeveelheid springstof per vaste ton aangaat, is men in 10 jaar tijds gegaan van 100 tot 165 g. Proeven met 350 en 400 g per vaste ton en met grotere boorgaten in een klassiek rooster tonen aan dat het aantal kneppers — dit is het resultaat — asymptotisch niet naar nul daalt maar naar 1,5 tot 2 kneppers per 100 t. De berekening van de verschillende prijzen die tijdens

* Slurry is een deegachtige springstof, samengesteld uit een mengsel van nitraat en TNT met verschillende bestanddelen die de viskositeit moeten regelen of de ontsteking vergemakkelijken. Sommige types van slurry worden zeer gemakkelijk ter plaatse gebracht met behulp van een pomp die op de wagen van de leverancier staat. Andere soorten, namelijk die welke met aluminiumpoeder gedoopt zijn, worden verkocht in de vorm van in plastiek verpakte patronen waardoor de verhandeling vergemakkelijkt wordt terwijl men toch de mijngaten zonder moeite goed kan opvullen. Dit type van springstof dankt zijn sukses aan een welbekende eis : de mijngaten moeten kunnen gevuld worden met een springstof met hoge dichtheid en dat is niet mogelijk noch met patronen die steeds een ringvormige ruimte overlaten noch met een lichte springstof.

Le calcul des différents coûts lors des essais montre que l'optimum a été dépassé.

Nous avons fait d'autres essais que je vais résumer brièvement.

6. INCLINAISON DES FOURNEAUX

Il existe une littérature abondante sur l'intérêt qu'apportent les mines fortement inclinées.

Nous avons poussé l'inclinaison jusque 35 % autour de la verticale et nous avons constaté, outre des difficultés de chargement, que les tas restaient systématiquement accrochés jusqu'à un niveau très élevé. Cela provoque des éboulements dangereux lors du chargement, sans améliorer la sortie du pied contrairement à ce que l'on pouvait raisonnablement attendre. En outre, il ne faut pas perdre de vue qu'une paroi inclinée est nettement plus difficile à « peigner » qu'une paroi subverticale.

7. PROFONDEUR DE FORAGE SOUS L'AIRE

En 1966, avec les explosifs de l'époque, c'est-à-dire essentiellement la dynamite pour le pied, on a fait une campagne d'essais de forage sous l'aire avec une inclinaison de 25 %. Le résultat de ces tirs à deux ou trois rangées ne fut pas satisfaisant, non pas au point de vue pétards à la tonne, mais surtout à cause de la difficulté pour la pelle d'aborder l'aire de travail qui était très tourmentée. Tout se passait comme si certains fourneaux avaient bien arasé leur secteur, tandis que d'autres avaient délaissé le pied pour influencer plus profondément une zone de moindre résistance. La profondeur sous l'aire fut portée de 1 m à 2 m, progressivement, sans résultat et les essais furent abandonnés.

Avec l'apparition d'un nouveau type de slurry en 1970, les essais furent repris lors de tirs à deux rangées avec une inclinaison de 35 % ou de 15 % et des profondeurs sous l'aire de 0,85 m ou 0,50 m. Parallèlement avec le forage sous l'aire, on a utilisé l'amorçage par le fond.

Pour l'amorçage par le fond, il y eut deux techniques utilisées. La première (fig. 3) consiste à descendre une cartouche au bout d'un premier cordeau type léger en espérant que l'initiation sera plus rapide avec la cartouche du fond qu'avec le reste du fourneau de nitrate-fuel. Il y a également eu la séparation par un bourrage intermédiaire d'un mètre des explosifs du pied du reste du fourneau (fig. 4). Le bourrage est traversé par un cordeau qui n'initie pas le nitrate de la partie

de proeven werden bereikt, toont dat men over het optimum heen is.

We hebben nog andere proeven verricht die ik in het kort zal samenvatten.

6. HELLING VAN DE BOORGATEN

Er bestaat overvloedige lektuur over het nut van sterk hellende boorgaten.

We hebben de helling opgedreven tot 35 % ten opzichte van de vertikale en niet alleen moeilijkheden bij het laden gekregen maar ook vastgesteld dat de puinhopen systematisch bleven haken tot op grote hoogte. Dit veroorzaakt tijdens het laden gevaarlijke instortingen en de voet komt er niet gemakkelijker door uit, in tegenstelling met wat men zou gedacht hebben. Verder moet men niet vergeten dat een hellende wand veel moeilijker te kammen is dan een wand die zo goed als vertikaal is.

7. DIEPTE VAN DE BOORGATEN ONDER HET MAAIVELD

In 1966 werden met de springstoffen van die tijd d.w.z. hoofdzakelijk dynamiet voor de voet, een reeks proeven uitgevoerd voor het boren onder het maaiveld onder een hoek van 25 %. Het resultaat van dit springwerk dat werd uitgevoerd met twee of drie reeksen, was niet bevredigend, niet uit oogpunt van aantal kneppers per ton, maar vooral wegens de moeilijkheden die de schop ondervond vanwege het laadoppervlak dat zeer dooreengehaald was. Het was alsof sommige mijnen hun sektor goed hadden gereedgemaakt terwijl andere de voet onaangeroerd hadden om diepergelegen en minder weerstandbiedende lagen te gaan aantasten. De diepte onder het maaiveld werd geleidelijk opgevoerd van 1 tot 2 m : de resultaten bleven uit en de proeven werden gestaakt.

Toen in 1970 een nieuw type van slurry verscheen, werden de proeven hervat bij het schieten van twee reeksen met een helling van 35 % of 15 % en met diepten onder het maaiveld van 0,85 m of 0,50 m. Gelijktijdig met het boren onder het maaiveld heeft men de ontsteking in de bodem toegepast.

Voor het ontsteken in de bodem gebruikte men twee technieken. De eerste bestaat erin dat men een patroon neerlaat aan een eerste lont van het lichte type en dat men hoopt, dat de ontsteking van deze patroon op de bodem sneller zal verlopen dan die van het mengsel nitraat-fuel in het overige van het mijngat. Ook heeft men de springstoffen op de bodem gescheiden van het overige van de mijn door middel van een opstopping met een lengte van 1 m. Doorheen de

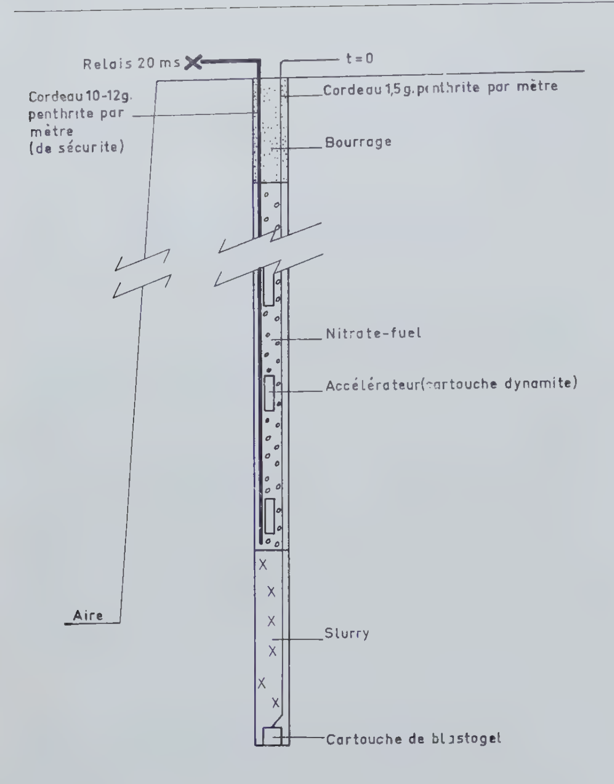


Fig. 3.

Amorçage par le fond (première méthode).
N.B. *1* cordeau (1,5 g) uniquement pour ne pas initier la dynamite au temps zéro.

Ontsteking langs de bodem (eerste metode)
N.B. Slechts 1 lont (1,5 g) om het dynamiet niet te ontsteken op tijd nul.
relais... : vertraging 20 ms
cordeau... : lont met 10-12 g pentriet per meter (veiligheidslont)
bourrage : opstopping
nitrate-fuel : nitraat-fuel
accélérateur : versneller (dynamietpatroon)
aire : maaiveld
cartouche de blastogel : blastogelpatroon.

supérieure, mais bien une cartouche de blastogel placée, dans le cas particulier, au sein du slurry de la partie inférieure du fourneau. La partie supérieure du fourneau n'est pas mise à feu, grâce au bourrage, par l'explosion du pied, mais à l'aide d'un second cordeau type supercord en parallèle avec le premier mais détonant avec un certain retard. On est donc certain que l'explosion commence par le fond, ce qui est favorable à la sortie du pied, mais on observera, en outre, que la charge totale du fourneau a été divisée en deux parties ce qui, cette fois, est favorable à une réduction du niveau des vibrations.

Comme notre réglementation interdit l'usage du détonateur dans le trou, il a donc fallu employer un amorçage compliqué à partir de cordeaux de sensibilités différentes. J'en profite pour signaler que, dans certains pays étrangers, notamment aux U.S.A., les détonateurs sont uti-

opstopping loopt een lont die het nitraat van het bovenste van de mijn niet ontsteekt maar wel een blastogel patroon die in dit bijzonder geval in het midden van de slurry onderin de mijn gestoken wordt. Het bovenste gedeelte van de mijn wordt, dank zij de opstopping, niet ontstoken door de ontploffing in de voet, maar wel door middel van een tweede lont type supercord die in parallel staat met de eerste doch met een bepaalde vertraging wordt ontstoken. Men is er dus zeker van dat de ontploffing begint langs de voet en dat is gunstig voor het loskomen van de voet, doch bovendien ziet men dat de totale lading van de mijn wordt verdeeld in twee delen, hetgeen deze keer gunstig is uit oogpunt vermindering van het trillingsniveau.

Vermits onze reglementering het gebruik van ontstekers in de mijn verbiedt, heeft men een ingewikkeld ontstekingssysteem moeten gebruiken

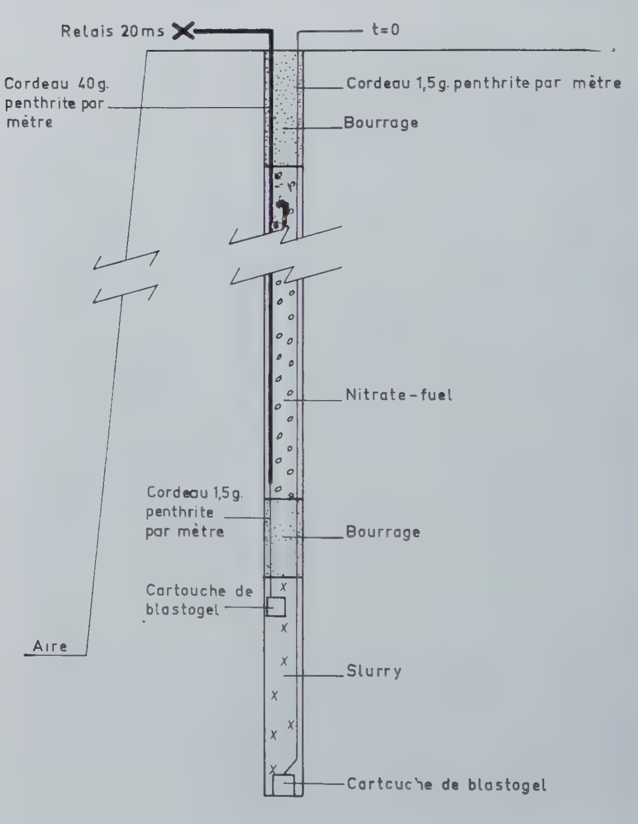


Fig. 4.

Amorçage par le fond (deuxième méthode).
N.B. *1* cordeau (1,5 g) uniquement pour ne pas initier le nitrate-fuel, on le détériorer au temps zéro.

Ontsteking langs de bodem (tweede metode).
N.B. Slechts 1 lont (1,5 g) om het mengsel nitraat-fuel niet te ontsteken of te beschadigen op tijd nul.
relais... : vertraging 20 ms
cordeau... : lont met 1,5 g pentriet per meter
bourrage : opstopping
nitrate-fuel : nitraat-fuel
accélérateur : versneller (dynamietpatroon)
aire : maaiveld
cartouche de blastogel : blastogelpatroon.

lement remplacés par des « pseudo-détonateurs » initiés non plus par des conducteurs électriques mais par un cordeau. Je crois qu'il faudra un jour ou l'autre revoir notre réglementation à ce sujet pour simplifier le minage avec amorçage par le fond.

Pour revenir à nos essais, avec un premier type de slurry dans les pieds des fourneaux, nous avons eu des plaintes de la part du personnel suite à une odeur désagréable dans le tas après tir. Avec un second type de slurry, nous avons pu constater que l'inclinaison ne jouait pas de rôle notable dans la fragmentation.

Les résultats obtenus sont assez déroutants : dans la plupart des cas, l'aire de travail après tir ne présente pas plus d'aspérités que lors d'un tir classique avec mines horizontales; mais de temps en temps, il reste un redent énorme (l'orteil des praticiens) atteignant l'ordre du mètre.

Comme autre résultat favorable, on a constaté que, contrairement à l'habitude, l'aire avait tendance à descendre. L'expérience acquise en terrain dur et à Quenast montre qu'il ne faut pas vouloir arracher plus de 3 m de pied, sinon la roche réagit. Comme d'autre part, le minage sous l'aire pourrait provoquer, *toutes autres choses égales*, une augmentation du niveau des vibrations, il faut être très prudent, surtout lorsque la carrière est proche d'une agglomération. C'est une raison supplémentaire de ne continuer les essais que lors de tirs sous l'aire à un rang. Naturellement, il faudra calculer les différents coûts de l'opération, y compris l'influence du nombre de gros blocs à la tonne. Cependant, comme on aura alors devant soi un tas de peu d'importance et de faible hauteur, il sera possible de le charger avec un chargeur au lieu d'une pelle, ce qui change les données du problème.

8. AMORÇAGE

Ici, je serai bref, d'abord parce qu'il en fut déjà question lors du minage sous l'aire et ensuite parce que je crois que tout le monde connaît les trucs de métier pour créer un relais de 2 millisecondes : il suffit d'étendre sur le sol 15 m de cordeau détonant ayant une vitesse de détonation de 7000 m par seconde. Je signalerai aussi une astuce (fig. 5) pour éliminer une partie de l'incertitude du temps des relais. En doublant les cor-

uitgaande van lonten met een verschillende gevoeligheid. Ik maak van de gelegenheid gebruik om te signaleren dat de ontstekers in verschillende landen, bij voorbeeld in de V.S.A., met goed gevolg worden vervangen door « pseudo-ontstekers » die niet meer elektrisch doch met behulp van lonten worden ontstoken. Ik geloof dat we op een bepaald ogenblik onze reglementering in dit opzicht zullen moeten herzien om het schieten met ontsteking langs onder te vereenvoudigen.

Komen we terug op onze proeven : met een eerste type van slurry in de voet van de mijngaten hebben we klachten gehad van het personeel in verband met een onaangename reuk die na het schieten in het puin hing. Met een tweede type van slurry hebben we kunnen vaststellen dat de helling geen rol van betekenis speelde bij de verbrokkeling.

De bekomen uitslagen lopen nogal uiteen : in de meeste gevallen is de werkvloer na het schieten niet meer gestoord dan bij het klassieke springwerk met horizontale mijnen; soms echter blijft er een enorme tand achter (een teen zeggen de werklieden) die een meter hoog kan zijn.

Een ander nuttig gevolg is dat het maaiveld in strijd met de gewoonte een neiging had om te dalen. De ondervinding die men in hard gesteente en te Quenast heeft opgedaan toont dat men niet meer dan 3 m voet mag willen wegrukken, zoniet reageert het gesteente. Gezien het schieten onder het maaiveld anderzijds, met behoud van alle andere omstandigheden, een toeneming van het trillingsniveau zou kunnen veroorzaken, moet men zeer voorzichtig zijn, vooral wanneer de groeve in de nabijheid ligt van een agglomeratie. Dat is een reden te meer om de proeven met het springwerk onder het maaiveld enkel verder te zetten met één reeks. Men zal natuurlijk de kostprijs moeten berekenen van de verschillende soorten van operaties, met inbegrip van de invloed van het aantal grote blokken per ton. Vermits men echter op dat ogenblik te maken heeft met een kleine puinhoop van geringe hoogte, kan men hem laden met een laadmachine in plaats van met een schop, en dat verandert de gegevens van het probleem.

8. HET ONTSTEKEN

Hier kan ik kort zijn omdat over ontsteking reeds gesproken werd bij het schieten onder het maaiveld en ook omdat ik geloof dat iedereen de knepen van het vak kent waar het erom gaat een vertraging van 2 m/s te bekomen : het volstaat 15 m slagkoord met een snelheid van 7000 m/s op de vloer te leggen. Ik wil ook een kunstgreep vermelden (fig. 3) om de onzekerheid over de duur van de vertraging ten dele weg te nemen.

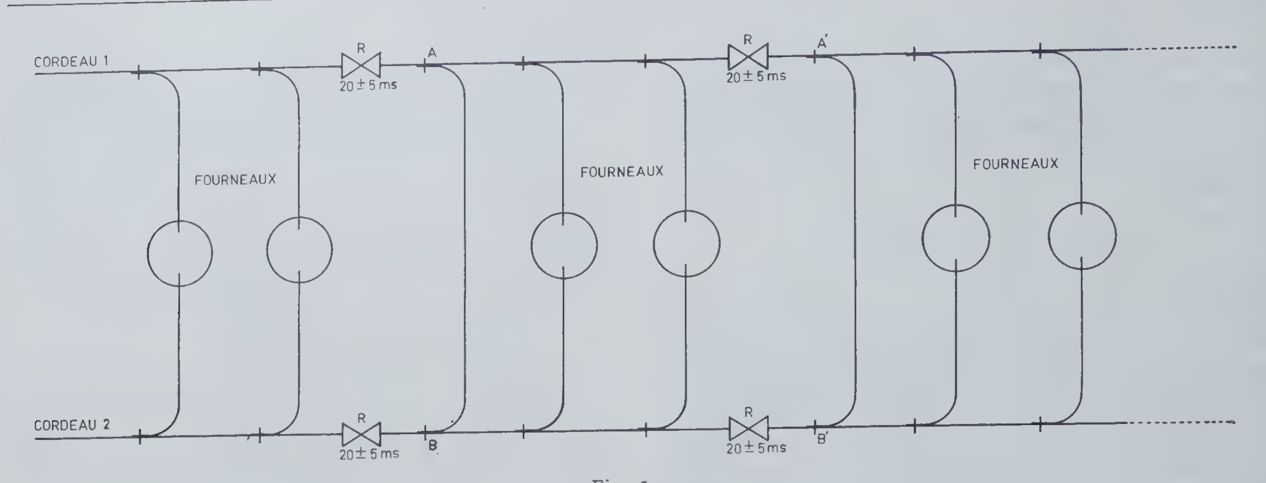


Fig. 5.
fourneaux : mijngaten
cordeau : lont

deaux-mères — ce qu'il faut toujours faire au point de vue sécurité — et en plaçant un « pont » après les relais (AB sur la figure), on est certain que toute la partie à l'aval des deux relais sera initiée par le relais de temps minimum.

Je fais ici appel aux fabricants d'explosif pour qu'à la suite des progrès apportés par le slurry Iremite et le cordeau supercord, ils mettent sur le marché un relais de 10 ms à ± 2 ms qui soit sûr d'emploi. Cela devient un problème urgent si l'on veut modifier les schémas d'amorçage sans allonger dangereusement le temps total d'un tir. Cette modification réduirait la charge par volée sans diminuer l'importance du tir, ce qui est fort intéressant pour tous ceux qui ont des problèmes de vibration.

Zo men de hoofdlonten verdubbelt — hetgeen men altijd moet doen voor de veiligheid — en zo men achter de relais (AB op de figuur) een brug plaatst, is men zeker dat heel het gedeelte achter de twee relais zal ontstoken worden door het minimum-vertragingsrelais.

Ik doe hier een oproep tot de fabrikanten van springstof om, ingevolge de verbetering die opgetreden is dank zij de slurry Iremiet en de lont supercord, een vertraging op de markt te brengen van 10 m/s met een speling van ± 2 m/s en met verzekerde uitwerking. Dit probleem wordt dringend zo men de schietschema's wil wijzigen zonder de totale duur van het schieten op gevaarlijke manier te verlengen. Dank zij deze wijziging zou men de lading per schot verminderen zonder de afvuring zwakker te maken, en dat zou zeer belangrijk zijn voor al wie moeilijkheden heeft met de trillingen.

9. VALIDITE DES ESSAIS POUR LES AUTRES ETAGES

Si nous reprenons la courbe qui a servi à à caractériser un tas, et que nous répétons les calculs tout le long d'un front fortement influencé par les fissures, par exemple à l'étage I, mais en prenant la précaution de maintenir le schéma de tir constant dans tous ses détails (quadrillage, explosif, amorçage, etc...), les différences entre les résultats obtenus ne dépendront plus que de la nature de la roche. Comme d'autre part, nous avons constaté que la première partie du graphique correspondait à la nature de la roche en avant du premier rang il est intéressant d'en connaître les variations. Nous avons constaté que ces droites initiales relatives à des tirs *voisins* du front de 45 m ou de 30 m ont une même pente et l'on peut ainsi caractériser une certaine longueur de front, disons en pratique de 200 m, par une seule

9. GELDIGHEID VAN DE PROEVEN VOOR DE ANDERE VERDIEPINGEN

Hernemen we de kromme die gediend heeft voor het karakteriseren van een puinhoop, en herhalen we de berekening langs een front dat sterk beïnvloed wordt door de splijtingen, bij voorbeeld op verdieping I, maar met de voorzorg dat we het schietschema behouden in al zijn details (rooster, springstof, ontsteking, enz.), dan hangt het verschil in de bekomen resultaten nog enkel af van de aard van het gesteente. Vermits we anderzijds vastgesteld hebben dat het eerste gedeelte van de grafiek overeenkwam met de aard van het gesteente voor de eerste reeks, is het belangrijk daarvan de veranderingen te kennen. We hebben gezien dat de oorspronkelijke rechten die met naburige afvuringen in het front van 45 m en in het front van 30 m overeenkomen, dezelfde helling hebben; zo kan men een

droite. Mais on a également observé que la pente d'une zone peut être très différente de celle d'une autre pas toujours très éloignée. Ainsi, on rencontre, au front de 45 m, des tirs avec au début 8 pétards par 100 t chargées en un endroit contre 17 pétards par 100 t à une distance de 500 m du premier. Physiquement, cela correspond à la distance dont la nature a eu besoin pour perturber, autrement, le gisement.

Cette constatation donne lieu à une première conséquence : d'abord à tir égal, résultat inégal dû au gisement. Mais en doublant la série des essais par des tirs tantôt à 1 rang, tantôt à 2 rangs, avec des charges différentes, on montre que le nombre de gros blocs *provenant de la face visible* avant tir est peu influencé par l'explosif utilisé, non seulement lors du tir mais lors du tir précédent au même emplacement. Autrement dit, ce qui se passe en avant de la première rangée est très différent de ce qui se passe à l'arrière. Ce résultat confirme les constatations faites aux fronts de 15 m, mais la seconde conséquence basée sur la constance des résultats entre tirs voisins nous autorise à faire des essais en modifiant les variables, même dans des terrains non homogènes, ce qui n'était pas valable à priori.

bepaalde lengte van het front karakteriseren, b.v. in de praktijk 200 m, door een zelfde rechte. Doch men heeft ook ondervonden dat de helling van een zone sterk kan veranderen van die van een andere zone die soms niet zo ver af ligt van de eerste. Zo vindt men in het front van 45 m schoten met aanvankelijk 8 kneppers per 100 geladen ton, in een punt, tegen 17 kneppers per 100 geladen ton op een afstand van 500 m van het eerste punt. Fysiek komt dit overeen met de afstand die de natuur nodig gehad heeft om de afzetting op een andere manier te bewerken.

Deze vaststelling leidt tot een eerste besluit : met aanvankelijk hetzelfde springwerk krijgt men een ander resultaat wegens de afzetting. Verdubbelt men echter het aantal proeven met schoten die nu eens 1 reeks, dan weer 2 reeksen bevatten, met verschillende ladingen, dan ziet men dat het aantal grote blokken, voortkomend van het front zoals dat zichtbaar is vóór het schieten, weinig wordt beïnvloed door de gebruikte springstof, niet alleen die welke gebruikt wordt bij het schieten maar ook die welke gebruikt werd bij het voorgaande schot op dezelfde plaats. Met andere woorden : wat gebeurt voor de eerste reeks mijnen is helemaal verschillend van wat achteraan gebeurt. Dit resultaat bevestigt wat vastgesteld werd aan het front van 15 m, doch op grond van de tweede vaststelling, gebaseerd op het konstante karakter van de resultaten tussen naburige schoten, kunnen we proeven verrichten met wijziging van de veranderlijken, zelfs in niet-homogeen terrein, iets dat op voorhand niet kon aangenomen worden.

10. CONCLUSIONS

On aura constaté le caractère un peu pragmatique de tous ces essais et pour cause, puisque personne ne connaît encore *vraiment* ce qui se passe lors de l'explosion d'une charge allongée dans une roche hétérogène. Je crois que les progrès encore à venir dépendent de ceux qui touchent de près ou de loin au mécanisme des tirs et à la mise en œuvre des explosifs.

D'abord je citerai les nombreuses observations si possible chiffrées, que les exploitants, eux-mêmes, doivent faire.

Ensuite, il y a les essais et les recherches du fabricant d'explosifs et d'accessoires de tir. Puis il y a les observations de l'Administration des Mines qui a une vue globale du problème des tirs dans toutes les carrières du pays. Pour le problème spécifique des vibrations, l'INIEX apporte un test d'efficacité des nouvelles méthodes et c'est à dessein que je n'ai pas parlé des

10. BESLUITEN

Men zal wel gezien hebben dat al deze proeven een ietwat pragmatisch karakter hebben en niet zonder reden, want niemand weet tot nu toe *echt* wat er gebeurt bij de ontploffing van een lange lading in een heterogene rots. Ik geloof dat de vorderingen die men nog zal maken van dicht of van ver iets zullen te maken hebben met het mechanisme van het schieten en het gebruik van springstof.

Ik wil beginnen met te zeggen dat de exploitanten zelf nog talrijke en zo mogelijk becijferde waarnemingen moeten verrichten. Dan zijn er de proeven en de onderzoekingen ten laste van de fabrikanten van springstoffen en schietbenodigheden. Dan is er de mening van de Administratie van het Mijnwezen die een globaal overzicht heeft van het probleem van de springstoffen in de groeven van heel het land. Voor het bijzondere probleem van de trillingen levert het NIEB een test over de doeltreffendheid van de nieuwe metoden en het is dan ook met opzet dat ik niet gesproken heb over de meting van de trillingen

mesures de vibrations effectuées lors des essais. Je tiens cependant à signaler que des mesures de vibrations sont effectuées à Quenast depuis 1948 et que ces mesures montrent que l'on se trouve toujours bien en dessous des normes de sécurité vis-à-vis des habitations avoisinantes. C'est en partie grâce à ces mesures que des essais ont pu être tentés et menés à bien depuis 1948. Jusqu'en 1971, les essais furent effectués par le CRIPE, puis l'INIEX a pris le relais du CRIPE. M. Vandeloise aura l'occasion de vous en reparler dans un cadre plus général.

die tijdens de proeven werd uitgevoerd. Toch wil ik vermelden dat trillingsmetingen worden uitgevoerd te Quenast sedert 1948 en dat deze metingen hebben aangetoond dat men nog altijd ver onder de normen zit die veilig zijn voor de omliggende bewoners. Het is gedeeltelijk aan die metingen te daken dat proeven werden ondernomen en met sukses besloten sedert 1948. Tot in 1971 werden de proeven uitgevoerd door het CRIPE, nadien heeft het NIEB deze taak van het CRIPE overgenomen. De h. Vandeloise zal U hieromtrent spreken in een meer algemeen kader.

Mesures des vibrations de tirs

Het meten van trillingen bij springwerk

René VANDELOISE *

RESUME

Au cours des 3 dernières années, l'INIEX a effectué des enregistrements de vibrations lors de quelque 400 tirs répartis dans 7 carrières du pays, mais principalement aux carrières d'Ampsin et de Quenast. L'objectif des mesures de vibrations est d'aider au contrôle des tirs et aussi de recueillir les données pour une étude systématique de laquelle on pourra déduire des règles de bonne pratique assurant à la fois le meilleur rendement des tirs et la sécurité de l'environnement.

Les paramètres caractéristiques des vibrations sont l'amplitude, la fréquence, la vitesse et l'énergie proportionnelle au carré de la vitesse. La vitesse particulaire maximale de vibration paraît être le paramètre le mieux approprié pour apprécier le risque de dégâts aux constructions.

L'appareil de mesure utilisé jusqu'à présent est le vibrographe Kongsberg-Tellus. Cependant, à l'avenir on utilisera aussi l'appareil Wasag-Tri-Max qui permet d'obtenir directement la vitesse résultante maximale de vibration.

Les facteurs susceptibles d'influencer le niveau des vibrations sont nombreux (quelques dizaines) et comprennent des variables de position géographique, des variables de charge et d'amorçage des tirs, des variables de configuration géométrique du front de tir, des conditions géologiques.

A l'aide des mesures faites à la carrière de Quenast pendant près d'une année, on a recherché une « loi de vibration » exprimant la relation entre la vitesse de

* Ingénieur civil des Mines,
Chargé de Recherches Principal à l'INIEX,
rue du Chéra — B 4000 Liège.

SAMENVATTING

In de loop van de laatste drie jaar heeft het NIEB trillingsmetingen uitgevoerd na zowat 400 afvuringen in 7 groeven van het land doch voornamelijk in de groeven van Ampsin en Quenast. Het doel van de trillingsmetingen is behulpzaam te zijn bij het kontroleren van het springwerk en ook de gegevens te verzamelen voor een systematische studie waaruit regels voor een optimale werkwijze zouden kunnen worden afgeleid, hetgeen dan weer zowel het rendement van het springwerk als de veiligheid van de omgeving zou ten goede komen.

De karakteristieke parameters van de trillingen zijn : de amplitude, de frekwentie, de snelheid en de energie die evenredig is met het kwadraat van de snelheid. De hoogste trillingssnelheid van een deeltje schijnt de parameter te zijn die het meest geschikt is voor een schatting van het risico van schade aan gebouwen.

Het tot nu toe gebruikte meetapparaat is de vibrograaf Kongsberg-Tellus. In de toekomst zal evenwel ook gebruik gemaakt worden van het Wasag-Tri-Max-toestel waarmee de maximale resulterende trillingssnelheid rechtstreeks kan gemeten worden.

De faktoren die het trillingsniveau kunnen beïnvloeden zijn talrijk (enkele tientallen) en bevatten variabelen inzake geografische ligging, variabelen inzake lading en ontsteking van de mijnen, variabelen inzake geometrische vorm van het schietfront en inzake geologische omstandigheden.

Met behulp van de metingen die gedurende bijna een jaar werden uitgevoerd in de groeve van Quenast, heeft men een « trillingswet » opgesteld voor de verhouding

* Burgerlijk Mijningenieur,
Eerstaanwezend gekommitteerd onderzoeker,
rue du Chéra — B 4000 Luik.

vibration, la distance du point de mesure au front de tir et la charge du tir. Cette relation est de la forme :

$$v = k \left(\frac{C^{a}}{D}\right)^{n}$$

C désignant la charge de la volée la plus chargée du tir.

L'influence du mode d'amorçage a fait l'objet d'essais systématiques à la carrière d'Ampsin, comprenant des tirs instantanés et des tirs avec des retards de 20 ms et de 50 ms échelonnés tous les fourneaux, ou tous les deux fourneaux, ou tous les trois fourneaux. Toutes autres choses égales par ailleurs, on observe la vitesse de vibration la plus faible lorsque le retard adopté est de 20 ms.

tussen de trillingssnelheid, de afstand van het meetpunt tot het schietfront en de lading van het schot. Deze verhouding heeft de volgende vorm :

$$v = k \left(\frac{C^{a}}{D}\right)^{n}$$

waarin C de lading voorstelt van het meest geladen salvo uit de reeks.

Over de invloed van de ontsteking werden in de groeve van Ampsin systematische proeven gedaan met momentontsteking en ontstekingen met een vertraging van 20 ms en 50 ms, gespreid per mijn of per groep van twee mijnen of per groep van drie mijnen. Met behoud van alle andere faktoren ziet men dat de trillingssnelheid het laagst is bij een vertraging van 20 ms.

INHALTSANGABE

Im Laufe der letzten drei Jahre has das INIEX Erschütterungen bei annähernd 400 Sprengschüssen in sieben verschiedenen Steinbrüchen des Landes, hauptsächlich jedoch in den Steinbrüchen von Ampsin und Quenast, registriert. Ziel dieser Erschütterungsmessungen ist eine bessere Kontrolle der Sprengschüsse sowie die Erfassung von Angaben zu einer systematischen Untersuchung, aus welcher praktische Vorschriften abgeleitet werden können, und zwar im Sinne einer erhöhten Schußleistung und der Sicherheit in der Umgebung. Die bezeichnenden Parameter der Erschütterungen sind die Amplitude, die Frequenz, die Geschwindigkeit sowie die dem Geschwindigkeitsquadrat proportionale Energie. Die Erschütterungshöchstgeschwindigkeit scheint der geeignetste Parameter zur Einschätzung des Schadensrisikos im Hochbau zu sein.

Das bislang verwendete Meßgerät ist ein Erschütterungsmesser « Kongsberg-Tellus ». Es wird allerdings beabsichtigt, in Zukunft das Wasag-Tri-Max-Gerät ebenfalls einzusetzen, womit die resultierende Erschütterungshöchstgeschwindigkeit unmittelbar ermittelt werden kann.

Die auf das Erschütterungsniveau möglicherweise einwirkenden Faktoren sind zahlreich (einige Dutzend). Sie umfassen Variable hinsichtlich der geographischen Lage, der Sprengladung bzw. der Zündung, Variable ebenfalls in der geometrischen Gestalt der Abbaufront und in den geologischen Bedingungen.

Mit Hilfe der im Steinbruch von Quenast in fast einem Jahr gesammelten Messungen wurde nach einem « Erschütterungsgesetz » gesucht, welches die Beziehung zwischen der Erschütterungsgeschwindigkeit, der Entfernung vom Meßpunkt zur Abbaufront und der Sprengladung zum Ausdruck bringt. Die Formel sieht folgendermaßen aus :

$$v = k \left(\frac{C^{a}}{D}\right)^{n}$$

Hierbei bedeutet C die Ladung des stärksten Abschlags.

SUMMARY

During the past 3 years, INIEX has recorded the vibrations of some 400 blastings in 7 quarries in the country, but chiefly in the quarries of Ampsin and Quenast. The purpose of measuring vibrations is to help to control the blasting and also to collect data for systematic research from which it will be possible to deduce good regulations for common practice, whereby a better blasting output and environmental safety may be ensured.

The characteristic parameters of the vibrations are the amplitude, the frequency, the velocity and the energy proportional to the square of the velocity. The maximal particular vibration velocity seems to be the most suitable parameter for estimating the damage factor to buildings.

The measuring device used so far is the Kongsberg-Tellus vibrograph. In the future however, the Wasag-Trimax device will also be used, for it enables the resultant maximal vibration velocity to be obtained at the same time.

The factors likely to affect the level of the vibrations are numerous (some tens) and include variables of geographical position, variables of the loading and priming of the shots, variables of the geometric configuration of the blasting face, and geological conditions.

With the help of measurements made at the Quenast quarry in the course of nearly one year, a « vibration law » was sought to express the relation between the velocity of vibration, the distance between the measurement point and the blast face and the load of the shot. This relation is as follows :

$$v = k \left(\frac{C^{a}}{D}\right)^{n}$$

when C = the load of the flight of the most heavily loaded shot.

Der Einfluß der Zündungsart wurde Gegenstand systematischer Versuche im Steinbruch von Ampsin. Diese erstreckten sich auf Momentsprengungen sowie auf solche mit einem Zündverzug von 20 ms und 50 ms, die in jedem Sprengloch oder in jedem zweiten bzw. dritten Sprengloch gestaffelt waren. Bei gleichen Resultaten wird die geringste Erschütterungsgeschwindigkeit bei einem Zündverzug von 20 ms beobachtet.

The influence of the method of priming has been the subject of systematic tests at the Ampsin Quarry, including instantaneous shots and shots with a time delay of 20 ms and 50 ms graded at every blast-hole or every alternate blast-hole. Moreover everything else being equal, the lowest vibration velocity is observed when the delay adopted is 20 ms.

SOMMAIRE

INHOUD

0. PRELIMINAIRES

Depuis plus de 3 ans, l'INIEX effectue des mesures de vibrations de tirs. Ces mesures sont faites à la demande de l'Administration des Mines pour aider celle-ci dans la mission de contrôle qui est sienne; à la demande de l'exploitant qui cherche à en déduire des règles de bonne pratique pour réaliser des tirs efficaces et sûrs; ou bien sur proposition de l'Iniex lui-même qui, d'après les niveaux de vibration observés, juge utiles telles mesures complémentaires ou tels essais pour améliorer la technique et la sécurité des tirs en masse.

Au cours des 3 dernières années, nous avons effectué des enregistrements de vibrations lors de quelque 400 tirs répartis dans 7 carrières du pays, mais principalement à la carrière de calcaire Dumont-Wautier d'Ampsin (environ 250 tirs) et à la carrière de diorite porphyrique de Quenast (environ 100 tirs). Dans les autres cas, par exemple à la carrière de Hampteau voisine des grottes de Hotton, les mesures sont plus épisodiques ou plus récentes. Depuis un peu plus d'un an, à Ampsin, sur deux fronts, des essais systématiques d'amorçages différents ont lieu à notre demande, afin de définir les techniques qui provoquent les vibrations de plus bas niveau. La première série de ces essais est en voie d'achèvement.

Lors de chacun des tirs, nous enregistrons généralement les vibrations en 3 à 5 et parfois 6 points éloignés de quelques dizaines à quelques centaines de mètres des centres de tirs. Nous disposons ainsi, à l'heure actuelle, de plus de 1600 enregistrements. Cette

0. VOORWOORD

Sedert meer dan 3 jaar voert het NIEB trillingsmetingen uit. Dit gebeurt op verzoek van de Administratie van het Mijnwezen die zich wil laten helpen bij het uitoefenen van haar kontroleopdracht, op verzoek van de ontginner die op die manier de goede metode wil vinden om doeltreffend en veilig te schieten, ofwel op voorstel van het NIEB zelf dat aan de hand van het waargenomen trillingsniveau aanraadt bepaalde bijkomende maatregelen te nemen of bepaalde proeven uit te voeren om techniek en veiligheid te verbeteren bij het massaspringwerk.

In de loop van de laatste drie jaar hebben we de trillingen geregistreerd bij zowat 400 salvo's, verdeeld over 7 groeven in het land, doch voornamelijk in de kalksteengroeve Dumont-Wautier van Ampsin (ongeveer 250 salvo's) en in de porfierdiorietgroeve van Quenast (ongeveer 100 salvo's). In andere gevallen, bij voorbeeld in de groeve van Hampteau nabij de grotten van Hotton, zijn de metingen meer beperkt tot perioden of van meer recente datum. Sedert iets meer dan een jaar worden in Ampsin op onze aanvraag aan twee fronten systematische proeven uitgevoerd met verschillende soorten van ontsteking, met het doel de techniek te ontdekken die het laagste trillingsniveau geeft. De eerste reeks van deze proeven nadert haar einde.

Bij elk van deze proeven registreren we over het algemeen de trillingen in 3 tot 5 en soms 6 punten die gelegen zijn op afstanden van enkele tientallen tot enkele honderden meter van het springpunt. Zo hebben we thans de beschikking over meer dan 1600

documentation déjà relativement abondante sert de base aux recherches que l'INIEX poursuit dans le domaine des vibrations. Toutefois, ces données sont encore bien insuffisantes pour tirer des conclusions et proposer des solutions définitives aux deux problèmes conjugués de l'efficacité des tirs et de la réduction des vibrations.

La question est, en effet, fort complexe et est d'autant plus compliquée que les conditions naturelles et techniques des tirs sont très hétérogènes. Les nombreux rapports antérieurs du CRIPE (Centre de Recherches Scientifiques et Techniques pour l'Industrie des Produits Explosifs) n'ont pas manqué de le souligner. La nombreuse littérature d'aujourd'hui, où les divergences de vue et même les contradictions ne manquent pas, ne cesse de le rappeler. Le Professeur Baule — Westfälische Berggewerkschaftskasse, Institut de Géophysique, Bochum — nous a dit récemment encore qu'il estimait que, dans le cas de certaines carrières de la Ruhr, au moins 10.000 mesures étaient nécessaires avant d'entreprendre une analyse statistique valable et, *a fortiori*, avant de fixer des seuils critiques de vibrations. Ce n'est qu'à la fin d'un programme de recherches de 10 ans que le Bureau of Mines des U.S.A. vient de publier — fin 1971 — un rapport de synthèse sur les résultats de l'étude des vibrations du sol et de l'onde aérienne engendrées par les tirs [1].

Malgré le nombre de données que nous avons recueillies jusqu'à présent, nous éviterons donc de mentionner prématurément certaines observations ou de tirer hâtivement des conclusions. Nous nous limiterons plutôt à indiquer les voies empruntées et cela, plus particulièrement, dans le cas de la carrière de Quenast où nous avons davantage concentré nos efforts cette année, en collaboration étroite avec les services de la carrière et de l'Administration des Mines.

L'objectif des mesures de vibrations est d'aider tous ceux qui sont intéressés par le contrôle des tirs; mais c'est aussi de recueillir les éléments de base d'une étude systématique d'où, compte tenu des conditions locales, on pourra déduire des règles de bonne pratique assurant à la fois le meilleur rendement des tirs et la sécurité de l'environnement.

1. MESURES DE VIBRATIONS AUX CARRIERES DE QUENAST

Dès les années 1948-1950, des mesures de vibrations ont été faites à Quenast par le CRIPE. Il existe toute une série de rapports et de publications de cet organisme, signés par M. Deffet, notamment [2-3-4-5]. Un rapport interne du 17 janvier 1952 signale ceci : « La

registreringen. Deze reeds vrij omvangrijke dokumentatie is de basis voor opzoekingen die het NIEB op het gebied van de trillingen voortzet. Toch zijn deze gegevens nog onvoldoende voor het trekken van besluiten en het voorstellen van definitieve oplossingen voor de twee samengekoppelde problemen die zijn : de doeltreffendheid van het springwerk en het beperken van de trillingen.

Het vraagstuk is in werkelijkheid zeer ingewikkeld en dit geldt nog meer wegens de heterogeniteit van de natuurlijke en technische gegevens bij het springwerk. Vroegere verslagen van het CRIPE (Centrum voor wetenschappelijk en technisch speurwerk van de springstofindustrie) hebben daarop ten overvloede gewezen. Het blijkt herhaaldelijk uit de omvangrijke hedendaagse literatuur waarin geen gebrek is aan meningsverschillen en zelfs tegengestelde standpunten. Professor Baule — Westfälische Berggewerkschaftskasse, Instituut voor Geofysika, Bochum — zegde ons nog onlangs dat er voor sommige groeven van de Ruhr ten minste 10.000 metingen vereist waren voor men aan een geldige statistische analyse kan beginnen en a fortiori voor men de kritische drempels voor de trillingen kan vaststellen. Pas op het einde van een onderzoeksprogramma van 10 jaar heeft het Bureau of Mines van de U.S.A. — einde 1971 — een samenvattend verslag gepubliceerd over een studie van de trillingen van de grond en van de luchtgolven, veroorzaak door springwerk [1].

Daarom zullen we, ondanks het aantal gegevens die we tot nu toe hebben verzameld, geen voortijdige opmerkingen maken noch onze besluiten te vroeg trekken. We zullen er ons eerder toe beperken de door ons gevolgde weg aan te geven en dit meer bijzonder voor de groeve van Quenast waar we onze inspanningen dit jaar nog meer gekoncentreerd hebben, in nauwe samenwerking met de diensten van de groeve en de Administratie van het Mijnwezen.

Het meten van de trillingen heeft tot doel een hulpmiddel te zijn voor allen die betrokken zijn bij het kontroleren van springwerk : het wil echter ook de basiselementen verschaffen voor een systematische studie waaruit men, rekening houdend met de lokale omstandigheden, regels kan afleiden voor een goede manier van werken waardoor zowel een beter rendement van het springwerk bekomen wordt als de veiligheid van de omgeving verzekerd.

1. METEN VAN DE TRILLINGEN IN DE GROEVEN VAN QUENAST

In de jaren 1948-1950 werden in Quenast trillingsmetingen uitgevoerd door het CRIPE. Er bestaat een hele reeks verslagen en publikaties van dit organisme, en wel onder de handtekening van de h. Deffet [2-3-4-5]. Een inwendig verslag van 17 januari 1952 zegt : « De

maison (Baudoux) où la plupart des tirs ont été enregistrés n'a subi aucune dégradation depuis le mois de mars 1951 (moment du début des essais) jusqu'à la fin de novembre 1951, période au cours de laquelle 118 tirs ont été effectués à la carrière mécanisée, quoique certains tirs aient provoqué des vibrations importantes, certaines atteignant les 4/5 de l'accélération de la pesanteur et des énergies relatives de l'ordre de 75 % des limites de sécurité alors proposées par le CRIPE ».

La carrière a fait procéder systématiquement à des enregistrements de vibrations chaque fois qu'elle apportait une modification importante à la technique de tir ou bien lorsqu'elle avait reçu des réclamations. Le CRIPE a ainsi enregistré une centaine de tirs entre 1958 et 1971. Nos mesures actuelles sont en bon accord avec ces mesures antérieures du CRIPE.

A la suite de plaintes et de réclamations particulièrement nombreuses, à la fin de l'année 1971, l'Administration des Mines a sollicité le concours de l'INIEX pour effectuer un ensemble de mesures de contrôle des vibrations. Rapidement, il est apparu que ces contrôles pouvaient être doublés par une étude systématique d'autant plus profitable que l'exploitant réunit depuis longtemps une documentation abondante sur chacun des tirs. L'Administration des Mines, les carrières de Quenast et l'INIEX se sont donc mis d'accord sur un premier programme de recherche systématique.

En premier lieu, il fallait choisir le ou les paramètres caractéristiques des vibrations, mesurables ou calculables, qui seraient étudiés en fonction des variables susceptibles de les influencer. Ensuite, on a fixé un plan d'implantation des appareils de mesures disponibles. Simultanément, on n'a pas omis de réexaminer la nécessité ou l'utilité d'employer d'autres appareils mieux adaptés, pratiques et pas trop onéreux, disponibles sur le marché. Enfin, on a fait un inventaire aussi complet que possible de toute une série de facteurs susceptibles d'influencer le niveau des vibrations et on a commencé l'étude des relations entre, soit l'amplitude, soit la vitesse de vibration (composante verticale), et ces facteurs d'influence.

Nous nous proposons d'examiner brièvement chacun de ces aspects du programme.

2. PARAMETRES CARACTERISTIQUES DES VIBRATIONS

Le tir de mines sert à l'abattage et à la fragmentation de la roche. Mais, comme chacun sait, une partie de l'énergie de l'explosion est perdue en vibrations.

L'énergie d'un mouvement vibratoire peut être dé-

woning (Baudoux) waar de meeste salvo's werden geregistreerd, heeft vanaf maart 1951 (aanvang van de proeven) tot einde november 1951 geen enkele beschadiging opgelopen (in deze periode werden 118 salvo's afgevuurd in de gemechaniseerde groeve) en dit ondanks het feit dat sommige salvo's aanzienlijke trillingen hadden veroorzaakt waarvan sommige 4/5 bereikten van de versnelling der zwaartekracht en betrekkelijk grote hoeveelheden energie bezaten van de grootteorde van 75 % van de veiligheidsgrenzen die toenmaals werden voorgesteld door het CRIPE ».

De groeve heeft de trillingen systematisch doen registreren telkens een belangrijke wijziging werd aangebracht aan de springtechniek of wanneer klachten werden ontvangen. Op die manier heeft het CRIPE een honderdtal salvo's geregistreerd tussen 1958 en 1971. Onze metingen van nu komen goed overeen met de vroegere metingen van het CRIPE.

Ingevolge een bijzonder groot aantal klachten allerhande op het einde van 1971 heeft de Adminstratie van het Mijnwezen een beroep gedaan op het NIEB om een geheel van kontrolemetingen over de trillingen uit te voeren. Men kwam snel tot het besluit dat deze kontroles konden aangevuld worden door een systematische studie, waaruit des te meer nut kon gehaald worden daar de exploitant sedert lang een overvloedige dokumentatie bijhoudt over elk schot. De Administratie van het Mijnwezen, de Carrières de Quenast en het NIEB hebben dan ook een akkoord afgesloten over een eerste programma voor systematisch onderzoekingswerk.

Op de eerste plaats moest men de karakteristieke parameter(s) kiezen die kunnen berekend of gemeten worden en die zouden bestudeerd worden aan de hand van variabelen die er een invloed kunnen op hebben. Vervolgens werd een plan opgemaakt voor het inplanten van de beschikbare meetapparaten. Gelijktijdig heeft men eraan gedacht of het niet nodig of nuttig was andere en geschikter apparaten aan te schaffen die praktisch zijn en niet te ingewikkeld, en beschikbaar op de markt. Tenslotte heeft men een zo volledig mogelijke inventaris opgemaakt van een hele reeks faktoren die van aard zijn om het trillingsniveau te beïnvloeden en is men begonnen met een studie over het verband tussen ofwel de amplitude ofwel de snelheid van de trilling (vertikale komponent) en deze invloedsfaktoren.

Wij zullen elk van deze aspekten van het programma kort bestuderen.

2. KARAKTERISTIEKE PARAMETERS VAN DE TRILLINGEN

Het afvuren van mijnen dient voor het winnen en het verbrijzelen van de rots. Iedereen weet evenwel dat een gedeelte van de energie der ontploffing verloren gaat in trillingen.

De energie van een trillingsbeweging kan bepaald

finie par la valeur moyenne de l'énergie cinétique d'une particule de masse « m » animée de ce mouvement.

Si le mouvement est sinusoïdal ($y = a \sin \omega t$), la vitesse instantanée d'une particule est égale à :

$$v = a\,\omega \cos \omega t$$

la vitesse maximum vaut :

$$v_{max} = a\,\omega = 2\,\pi\,a\,f$$

et l'énergie cinétique moyenne a pour valeur :

$$E = \frac{1}{2}\,\frac{m\,v^2}{2} = m\,\frac{a^2\,\omega^2}{4} = m\,\pi^2\,a^2\,f^2 \qquad (1)$$

où a = amplitude
$\omega = 2\,\pi\,f$
f = fréquence.

Par analogie, pour une vibration de terrain, on peut définir un coefficient caractéristique de l'énergie, proportionnel au carré de l'amplitude et au carré de la fréquence :

$$E = k\,a^2\,f^2 \qquad (2)$$

Si l'on admet que les vibrations au voisinage de l'amplitude maximale peuvent être représentées par un mouvement sinusoïdal, l'énergie cinétique est donc proportionnelle au carré de la vitesse :

$$v = 2\,\pi\,a\,f = \pi\,A\,f \qquad (3)$$

(A = amplitude de pic à pic).

La vibration d'une particule du sol à la suite d'un tir comporte des impulsions dominantes qui ne résultent évidemment pas d'un mouvement vibratoire rectiligne d'allure sinusoïdale. Mais, en première approximation, comme il est très difficile de décomposer le mouvement sismique, généralement apériodique quelconque, que constitue la vibration, nous avons admis, comme d'autres auteurs, que la ou les impulsions dominantes peuvent représenter la vibration et être carac-

worden d.m.v. de gemiddelde kinetische energie van een deeltje met massa « m » dat deze beweging meemaakt.

Wanneer de beweging sinusoïdaal is ($y = a \sin \omega t$), is de ogenblikkelijke snelheid van een deeltje :

$$v = a\,\omega \cos \omega t$$

de maximale snelheid bedraagt :

$$v_{max} = a\,\omega = 2\,\pi\,a\,f$$

en de gemiddelde kinetische energie heeft als waarde :

$$E = \frac{1}{2}\,\frac{m\,v^2}{2} = m\,\frac{a^2\,\omega^2}{4} = m\,\pi^2\,a^2\,f^2 \qquad (1)$$

waarin a = amplitude
$\omega = 2\,\pi\,f$
f = frekwentie.

Door analogie kan men voor een grondtrilling een karakteristieke energiekoëfficiënt bepalen die evenredig is met het kwadraat van de amplitude en met het kwadraat van de frekwentie :

$$E = k\,a^2\,f^2 \qquad (2)$$

Zo men aanneemt dat de trillingen in de omgeving van de maximale amplitude kunnen worden voorgesteld door een sinusoïdale beweging, is de kinetische energie ook evenredig met het kwadraat van de snelheid :

$$v = 2\,\pi\,a\,f = \pi\,A\,f \qquad (3)$$

(A = amplitude van piek tot piek).

De trilling die een gronddeeltje uitvoert ingevolge een salvo, bevat hoofdimpulsen die natuurlijk niet voortkomen uit een rechtlijnige trilling met sinusoïdaal gedrag. Vermits het echter zeer moeilijk is de seismische beweging te ontbinden waaruit de trilling bestaat, en die meestal een willekeurige aperiodische vorm heeft, hebben we evenals andere auteurs in eerste benadering aangenomen dat de overheersende impuls of impulsen de trilling kunnen vertegenwoordigen en gekenmerkt kunnen worden hetzij door de

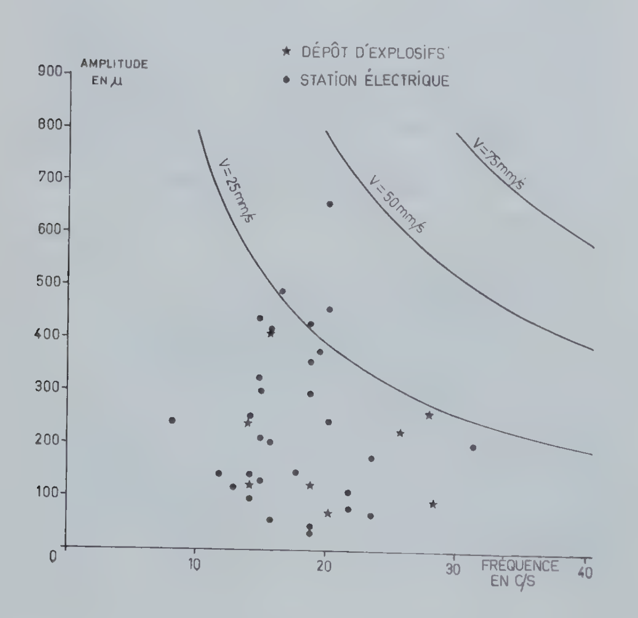


Fig. 1.

Résultats de mesures de vibrations.

Resultaten van trillingsmetingen.

térisées, soit par la vitesse de vibration correspondante $v = \pi A f$, soit par le couple de valeurs « amplitude-fréquence ». La figure 1 montre, à titre d'exemple, des résultats de mesures sous la forme de points sur un diagramme amplitude A — fréquence f.

La vitesse calculée selon la formule $v = \pi A f$ est souvent supérieure à la vitesse maximale mesurée directement. Ainsi donc, si l'on utilise ce critère pour apprécier le risque de dégâts aux constructions, l'erreur va dans le sens de la sécurité.

On peut se demander si la vitesse particulaire est un paramètre bien approprié pour apprécier le risque de dégâts aux constructions.

En effet, suivant les circonstances, les dégâts peuvent être le résultat de l'application d'une force (proportionnelle à l'accélération), d'un simple déplacement (proportionnel à l'amplitude), ou d'un travail de « destruction » proportionnel à l'énergie de la vibration, c'est-à-dire au carré de la vitesse maximale de vibration qui vient d'être définie.

Pour M. Poulet [6], les différentes hypothèses émises sur l'origine du risque sont de la forme $v^2 f$, v^2 ou $v f$. La fréquence f est en grande partie déterminée par la nature de la roche. C'est donc la vitesse maximale v qui serait responsable de la détérioration des maisons. Quelle que soit la théorie adoptée, on peut considérer la vitesse maximale d'oscillation comme une approximation valable du risque.

Dans un article de Coal Age, juin 1972 [7], le Pr. Laird rappelle les conclusions suivantes des travaux de l'U.S. Bureau of Mines :

« La fréquence, l'accélération, la vitesse et l'amplitude des vibrations de tir ont été mesurées pour évaluer leur effet sur les constructions. Cependant, la vitesse particulaire est plus étroitement liée aux dégâts aux constructions que l'accélération ou le déplacement et, pour cette raison, elle convient mieux pour fixer le niveau de vibration dommageable ».

Le même point de vue a été adopté en R.F.A. Dans Nobel-Hefte, oct. 1971 [8], Schmitz-Sieg écrit : « De la discussion sur le point de savoir s'il convient le mieux de mesurer l'accélération de la vibration ou la vitesse de vibration en mm/s, il est apparu nettement que c'est cette dernière ».

Nous avons donc retenu la vitesse comme paramètre caractéristique de l'énergie d'une vibration et des dégâts qu'elle est susceptible de causer.

Nous soulignons encore l'intérêt d'utiliser la vitesse de vibration comme paramètre, en mentionnant la facilité de comparer les valeurs mesurées à des seuils éventuellement exprimés en termes de vitesses, comme cela se fait dans plusieurs pays étrangers.

overeenkomende snelheid van de trilling, $v = \pi A f$, hetzij door de gekoppelde waarden « amplitude-frekwentie ». Figuur 1 toont bij voorbeeld de resultaten van metingen in de vorm van punten op een diagram amplitude A — frekwentie f.

De snelheid, berekend volgens de formule $v = \pi A f$, ligt vaak hoger dan de maximale snelheid die rechtstreeks gemeten wordt. Zo men bijgevolg dit criterium gebruikt voor het beoordelen van het risico van beschadiging van gebouwen, ligt de fout aan de veilige kant.

Men kan zich afvragen of de snelheid van een deeltje een goede parameter is om het risico van beschadiging van gebouwen te schatten.

In feite kan de schade naargelang van de omstandigheden het gevolg zijn van de inwerking van een kracht (evenredig met de versnelling) of van een eenvoudige verplaatsing (evenredig met de amplitude) of van een « vernielingsarbeid » evenredig aan de energie van de trilling, dus aan het kwadraat van de maximale snelheid der trilling die bepaald werd.

Volgens de h. Poulet [6] hebben de verschillende hypotesen die omtrent de oorsprong van het risico geuit worden de vorm v^2, f, v^2 of vf. De frekwentie f wordt in grote mate bepaald door de aard van het gesteente. Het is dus de maximale snelheid v die verantwoordelijk is voor de vernieling van de woningen. Welke teorie men ook aanneemt, steeds kan men de maximale snelheid van een trilling beschouwen als een goede maatstaf voor het risico.

In een artikel in Coal Age, juni 1972 [7], herinnert professor Laird aan de volgende besluiten van het U.S. Bureau of Mines :

« Frekwentie, versnelling, snelheid en amplitude van de springtrillingen werden gemeten met het oog op het bepalen van hun effekt op de gebouwen. Toch is speciaal de snelheid nauwer verbonden met de schade aan de gebouwen dan de versnelling of de verplaatsing en om die reden is ze beter geschikt voor het bepalen van dàt trillingsniveau dat schade kan berokkenen ».

Hetzelfde standpunt wordt ingenomen in de Duitse Bondsrepubliek. In Nobel-Hefte, oktober 1971 [8], schrijft Schmitz-Sieg : « Wat de diskussie betreft of men beter de versnelling van de trilling kan meten dan wel haar snelheid in mm/s, is het duidelijk gebleken dat de tweede de voorkeur moet hebben ».

Bijgevolg hebben wij de snelheid aangehouden als karakteristieke parameter voor de energie van een trilling en voor de schade die ze kan veroorzaken.

Tenslotte onderstrepen we nog het belang van de snelheid der trilling als parameter omdat we in dat geval gemakkelijk een vergelijking kunnen maken tussen de gemeten waarden en drempels die eventueel in snelheid worden uitgedrukt zoals in verschillende andere landen het geval is.

3. APPAREILS DE MESURES

Il existe différents types d'appareils détecteurs des vibrations, utilisables selon la nature de celles-ci et, notamment, leurs caractéristiques amplitudes-fréquences.

Par exemple, un sismographe enregistre un déplacement (déplacement de la masse inerte par rapport au support de l'appareil); un géophone mesure la vitesse de déplacement. Il existe encore d'autres appareils que l'on peut utiliser dans des cas particuliers et que l'on dénomme suivant les cas : vibrographes, accélérographes, extensomètres, etc.

Nous ne pouvons entrer ici dans les considérations qui guident le choix des appareils de mesures ni dans les détails de construction. Nous signalerons seulement qu'à côté des qualités de sensibilité, précision, fiabilité, nous souhaitons que les appareils de mesures soient aussi simples et robustes que possible, de manipulation aisée et de prix modéré, de façon qu'ils puissent être utilisés par du personnel non spécialisé et que l'on puisse faire des mesures aussi nombreuses que possible lors de chacun des tirs.

31. Vibrographe Tellus

Depuis 1969, l'INIEX utilise le vibrographe Kongsberg-Tellus (fig. 2).

L'appareil Tellus enregistre uniquement la composante verticale des vibrations. Le boîtier de l'appareil est maintenu en contact avec le sol ou le mur du bâtiment par l'intermédiaire d'une console de fixation. L'appareil comporte une masse vibrante (par rapport au boîtier) pourvue d'un bras de levier dont l'extrémité porte un stylet qui enregistre la vibration sur un diagramme circulaire.

Sur l'enregistrement, on mesure l'amplitude et la fréquence de l'impulsion dominante, c'est-à-dire de celle qui correspond à la vitesse maximale de vibration.

3. MEETAPPARATEN

Er bestaan verschillende typen van apparaten voor het opsporen van trillingen, die kunnen gebruikt worden naargelang van de aard der trillingen en bijzonder van hun kenmerken amplitude-frekwentie.

Een seismograaf registreert bij voorbeeld een verplaatsing (verplaatsing van de inerte massa ten opzichte van een steunpunt van het toestel); een geofoon meet de verplaatsingssnelheid. Er zijn nog andere toestellen die men kan gebruiken in speciale gevallen en die volgens de omstandigheden de naam dragen van vibrograaf, accelerograaf, extensometer, enz.

We kunnen hier niet ingaan op de beschouwingen die leidend zijn bij het kiezen van een apparaat noch op konstruktiedetails. We vermelden alleen dat een meetapparaat naast gevoelig, precies en betrouwbaar zo eenvoudig en stevig mogelijk moet zijn, gemakkelijk te behandelen en matig in prijs, zodat het kan bediend worden door niet-gespecialiseerd personeel en dat men bij elk salvo zoveel mogelijk metingen kan uitvoeren.

31. Vibrograaf Tellus

Sedert 1969 gebruikt het NIEB de vibrograaf Kongsberg-Tellus (fig. 2).

Het Tellus-apparaat registreert enkel de vertikale komponent van de trillingen. De kast van het apparaat blijft in kontakt met de bodem of de vloer van het gebouw door tussenkomst van een bevestigingssokkel. Het toestel bevat een trillingsmassa (trillend ten opzichte van de kast) die een hefboom draagt waarvan het uiteinde van een pen voorzien is; deze schrijft de trilling op een cirkelvormig diagram.

Op dit diagram meet men de amplitude en de frekwentie van de dominerende impuls waarvan men aanneemt dat ze overeenkomt met de maximale trillingssnelheid.



Fig. 2.

Vibrographe Tellus.
Vibrograaf Tellus.

La fréquence de résonance des capteurs Tellus est de 7 Hz. L'appareil convient pour la mesure de fréquences comprises entre 15 et 170 Hz et des amplitudes comprises entre 10 et 500 microns.

On peut faire deux objections à l'emploi du vibrographe Tellus :

a) La fréquence enregistrée peut être entachée d'une erreur en raison de la transmission du mouvement à l'enregistreur par un ressort mécanique. Mais nous avons pu cependant mesurer les mêmes fréquences avec l'appareil Philips et l'appareil Tellus.
b) La fréquence est parfois difficilement lisible sur les diagrammes; deux opérateurs différents peuvent lire des fréquences différentes pour la même oscillation. Mais, ici, nous ferons remarquer que nous procédons systématiquement à l'agrandissement des enregistrements.

32. Appareil Wasag ou Tri-Max de la Wasagchemie GmbH

De nombreux auteurs estiment qu'il vaut mieux mesurer directement la vitesse de vibration plutôt que de la calculer à partir de l'amplitude et de la fréquence. La mesure directe de la vitesse est de pratique courante en Allemagne et aux Etats-Unis. En outre, en Allemagne, on ne tient pas seulement compte de la composante verticale, mais aussi de la vitesse resultante maximale de la vibration :

$$v_{\mathrm{Rmax}} = |\sqrt{v_z^2(t) + v_x^2(t) + v_y^2(t)}|_{\max} \quad (4)$$

où v_z = composante verticale
v_x = composante horizontale dans la direction du front de tir
v_y = composante horizontale perpendiculairement au front de tir.

L'appareil Tri-Max (fig. 3), construit par la Wasagchemie GmbH, a été mis au point avec la collaboration de l'Institut de Géophysique de la Westfälische Berggewerkschaftskasse de Bochum. Cet appareil permet de mesurer et d'enregistrer la vitesse résultante d'une vibration en fonction du temps, ainsi que la vitesse résultante maximale [8-9].

La chaîne de mesures complète comprend :

— des géophones tridirectionnels Geo-Space (capteurs électrodynamiques de fréquence de résonance f_r = 4,7 Hz — gamme utilisable : 10 à 100 Hz),
— un calculateur analogique incorporé, indispensable pour obtenir aisément la valeur v_R,
— une batterie rechargeable pour l'alimentation du calculateur analogique,
— un appareil indicateur avec mémorisation de la lecture de v_{Rmax} pendant 5 minutes,
— un enregistreur.

De resonantiefrekwentie van de Tellus-ontvangtoestellen is 7 Hz. Het toestel is geschikt voor het meten van frekwenties tussen 1 en 170 Hz en amplituden tussen 10 en 500 mikron.

Men kan twee bezwaren aanvoeren tegen de Tellus-vibrograaf.

a) De opgetekende frekwentie kan een afwijking vertonen omdat er in de overbrenging van de beweging op het registreerapparaat een mechanische veer zit. Niettemin hebben wij dezelfde frekwenties kunnen meten met de apparaten van Philips en Tellus.
b) De frekwentie is soms moeilijk te lezen op het diagram. Twee operatoren kunnen verschillende frekwenties aflezen voor eenzelfde trilling. Hier merken we op dat we al de opnamen systematisch vergroten.

32. Wasag- of Tri-Max-apparaat van de Wasagchemie GmbH

Talrijke auteurs menen dat het beter is de snelheid van de trilling rechtstreeks te meten liever dan ze te berekenen uit de amplitude en de frekwentie. Het rechtstreekse meten van de snelheid is een gewone praktijk in Duitsland en in de Verenigde Staten. Bovendien houdt men in Duitsland niet alleen met de vertikale komponent rekening maar ook met de resulterende maximale snelheid van de trilling :

$$v_{\mathrm{Rmax}} = |\sqrt{v_z^2(t) + v_x^2(t) + v_y^2(t)}|_{\max} \quad (4)$$

waarin : v_z = vertikale komponent
v_x = horizontale komponent in de richting van het schietfront
v_y = horizontale komponent loodrecht op het schietfront.

Het Tri-Max-apparaat (fig. 3), gebouwd door de Wasagchemie GmbH, werd uitgewerkt in samenwerking met het Instituut voor Geofysika van de Westfälische Berggewerkschaftskasse van Bochum. Met dit apparaat kan men de resulterende snelheid van een trilling meten in het licht van de tijd alsook de resulterende maximale snelheid [8-9].

De volledige meetketen bevat :

— drie-richting-geofonen Geo-Space (elektrodynamische ontvangtoestellen met een resonantiefrekwentie f_r = 4,7 Hz — bruikbaar in de gamma 10 tot 100 Hz),
— een ingebouwde analoogrekenmachine die onmisbaar is zo men gemakkelijk de waarde v_R wil berekenen,
— een herlaadbare batterij voor de voeding van de analoogrekenmachine,
— een afleesapparaat met geheugen voor het aflezen van v_{Rmax} gedurende vijf minuten,
— een registreerapparaat.

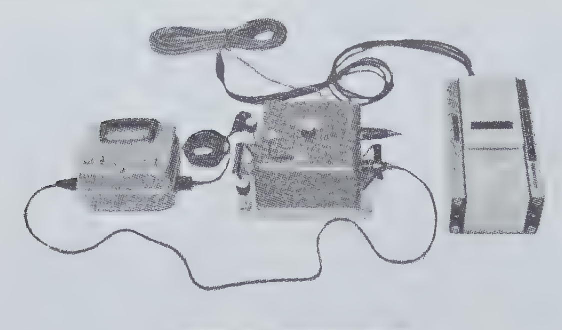




Fig. 3.

Appareil de mesure de vibrations « Tri-Max » de Wasagchemie GmbH.

Meetapparaat voor trillingen « Tri-Max » van Wasagchemie GmbH.

L'enregistreur à rayons U.V. se révèle très utile pour étudier l'allure des vibrations. Cet enregistreur permet d'enregistrer simultanément une base de temps, les trois composantes de la vibration et la vitesse résultante v_R en fonction du temps. Deux pistes sont encore disponibles pour d'autres mesures.

Lorsque les tirs donnent lieu à des vibrations de très basses fréquences, on peut remplacer les géophones Geo-Space par des géophones Hottinger-Baldwin [10-11]. Les capteurs Hottinger B 5 ont une fréquence de résonance f_r de 2,5 Hz et sont utilisables pour une gamme de fréquences de 3 ou 4 à 100 Hz.

Le nombre de capteurs Hottinger en service en Allemagne atteint actuellement la trentaine; de plus, de très nombreux appareils de ce type sont utilisés à l'étranger.

L'INIEX a passé commande d'une chaîne de mesures Tri-Max. Mais il va sans dire que cet appareil est beaucoup plus coûteux que les vibrographes Tellus. Par ailleurs, lors d'un tir, l'appareil Tri-Max ne donne de mesures qu'en un seul point. Le Tri-Max sera donc réservé à des essais choisis ou bien à la comparaison de vitesses calculées à partir de mesures faites au Tellus avec des vitesses directement mesurées.

4. EMPLACEMENT DES CAPTEURS DE VIBRATIONS AUX CARRIERES DE QUENAST

Pour notre étude à Quenast, comme nous disposions de 6 vibrographes Tellus, nous avons choisi les points de mesure de façon : 1) à renseigner l'Administration des Mines et la carrière sur les grandeurs des vibrations et 2) à disposer de données pour une étude systématique.

Het registreerapparaat met ultravioletstralen is zeer nuttig gebleken voor de studie van de loop der trillingen. Met dit apparaat registreert men gelijktijdig een tijdbasis, de drie komponenten van de trilling en de resulterende maximale snelheid v_R in het licht van de tijd. Er blijven twee sporen beschikbaar voor andere metingen.

Zo de salvo's zeer laagfrekwente trillingen geven kan men de geofonen Geo-Space vervangen door geofonen Hottinger-Baldwin [10-11]. De ontvangtoestellen Hottinger B 5 hebben een resonantiefrekwentie f_r van 2,5 Hz en kunnen gebruikt worden voor frekwentiegamma's van 3 of 4 tot 100 Hz.

Momenteel zijn er in Duitsland een dertigtal ontvangtoestellen Hottinger in bedrijf; bovendien worden zeer veel soortgelijke apparaten gebruikt in het buitenland.

Het NIEB heeft een meetketen Tri-max besteld. Het spreekt echter vanzelf dat dit apparaat veel duurder is dan de vibrografen Tellus. Het Tri--max-apparaat geeft trouwens bij het schieten slechts metingen in één enkel punt. De Tri-max wordt dan ook voorbehouden voor enkele uitgekozen proeven of om snelheden die berekend werden uit metingen met de Tellus, te vergelijken met snelheden die rechtstreeks gemeten werden.

4. INPLANTING VAN DE ONTVANGTOESTELLEN VOOR TRILLINGEN IN DE GROEVE VAN QUENAST

Vermits we over 6 vibrografen Tellus beschikten, hebben we voor de studie te Quenast onze meetpunten zo gekozen dat we 1) de Administratie van het Mijnwezen en het groefbedrijf konden inlichten over de grootte van de trillingen en 2) de gegevens kregen voor een systematische studie.

Nous avons choisi quatre directions de mesure (fig. 4) :

— direction du village de Quenast,
— direction du quartier du Blocquiau,
— direction du village d'Hennuyères,
— direction du village de Rebecq.

Chacune de ces directions comporte 3 points de mesures. Dans la direction de Quenast, le point III, trop éloigné des fronts de tir, a été remplacé par un point IV.

Lors de chaque tir et selon l'emplacement du front, on effectue 6 enregistrements répartis dans 2 ou 3 directions.

On remarquera que certains points de mesure se trouvent à l'intérieur de la limite présumée du gisement et d'autres à l'extérieur (donc sur le schiste). Un point de mesure se trouve directement sur la pierre (Quenast I) et les autres points sur la couverture de stériles dont l'épaisseur peut atteindre 30 m.

We hebben vier meetrichtingen gekozen (fig. 4) :

— de richting van het dorp Quenast,
— de richting van de wijk Blocquiau,
— de richting van het dorp Hennuyères,
— de richting van het dorp Rebecq.

In elk van deze richtingen staan 3 meetpunten. In de richting van Quenast werd punt III dat te ver van het schietfront lag, vervangen door punt IV.

Bij elk salvo en naargelang van de plaats van het front werden 6 registreringen verricht, die over 2 of 3 richtingen verdeeld waren.

Men ziet dat sommige meetpunten binnen de vermoedelijke omtrek van de afzetting liggen en andere erbuiten (dus op de schiefer). Eén meetpunt ligt rechtstreeks op de steen (Quenast I), en de andere op de steriele deklagen waarvan de dikte tot 30 m kan gaan.

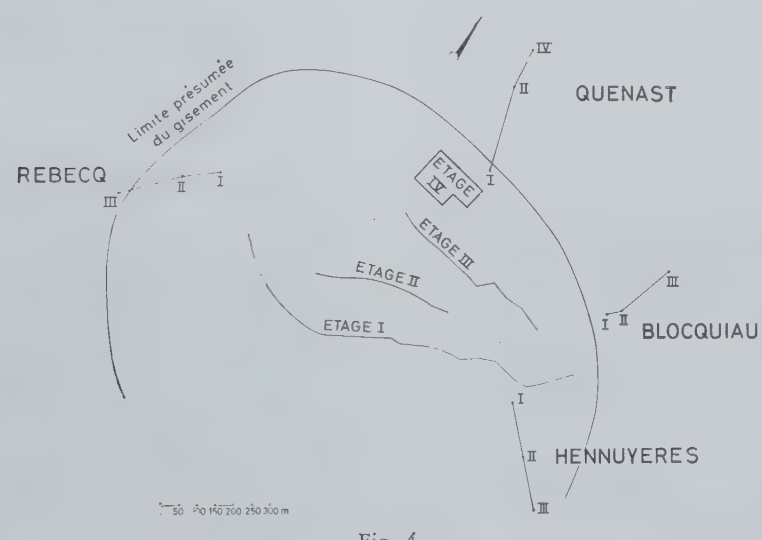


Fig. 4.
Carrière de Quenast.
Emplacement des capteurs de vibrations.
Groeve van Quenast.
Inplanting van de ontvangtoestellen voor trillingen.

5. FACTEURS INFLUENCANT LES VIBRATIONS

Ayant défini les paramètres caractéristiques des vibrations (amplitude, fréquence et vitesse), nous avons dressé une liste de variables susceptibles d'influencer ces paramètres, variables que l'on a notées pour chaque tir ou pour chaque mesure. Cette liste n'est pas exhaustive.

On peut classer les facteurs d'influence de la manière suivante.

1) *Variables de position.* Ce sont :

— étage de tir,
— lieu de tir,
— distance du centre de tir au point de mesure,

5. FAKTOREN DIE DE TRILLINGEN BEINVLOEDEN

Nu we de karakteristieke parameters van de trilling hebben bepaald (amplitude, frekwentie en snelheid), hebben we een lijst opgemaakt van de veranderlijke faktoren die deze parameters kunnen beïnvloeden, faktoren die men genoteerd heeft voor elk salvo of voor elke meting. Deze lijst is niet beperkend.

Men kan de invloedsfaktoren als volgt indelen.

1) *Variabelen volgens de positie.* Dit zijn :

— verdieping van het salvo,
— plaats van het salvo,
— afstand tussen het springpunt en het meetpunt,

— direction de mesure,
— angle de cette direction par rapport au front.

2) *Variables de charge.* Ce sont :

— charge totale du tir,
— nombre de volées,
— charge moyenne par volée verticale,
— charge moyenne par volée horizontale,
— numéro de la volée la plus chargée,
— charge de la volée la plus chargée,
— charge de la première, de la deuxième, de la troisième volée,
— nature de l'explosif (6 types différents).

3) *Variables d'amorçage.* Ce sont :

— durée totale du tir,
— amorçage classique ou par le pied,
— retard entre volée préliminaire éventuelle et volée n° 1,
— retard entre volées n° 1 et 2,
— retard entre volées n° 2 et 3,
— pour les volées de sortie situées sur un même alignement : temps de la 2me rangée par rapport à la 1re rangée; temps de la 3me rangée par rapport à la 2me rangée; temps de la rangée horizontale par rapport à la dernière rangée verticale.

4) *Variables de configuration du front de tir.* Ce sont :

— épaisseur du pied en avant des premières volées,
— tir régulier ou irrégulier (les tirs irréguliers sont par exemple les tirs de mise à limite, de reprise de stot, de reprise de rampe, d'approfondissement, etc.),
— front droit ou fermé.

5) *Conditions géologiques.*

Remarque.

Pour chacun des tirs, on note aussi des observations sur l'étalement ou l'accrochage du tas — la fragmentation apparente — les arrachements — les projections éventuelles.

Si l'on dénombre les facteurs d'influence qui viennent d'être énumérés, on obtient déjà près de 30 variables susceptibles d'influencer les vibrations. Ces facteurs n'agissent sûrement pas tous au même titre; mais cela montre la complexité du problème et aussi les difficultés d'analyse des mesures.

L'hétérogénéité des conditions de tir et la diversité des modalités techniques nécessitent de très nombreuses mesures avant de pouvoir tirer des conclusions.

Jusqu'à présent, à l'aide des quelque 500 enregistrements que nous avons faits à Quenast, nous avons entrepris une étude des relations entre l'amplitude ou la vitesse de vibration et les variables de position et de charge. Nous ferons seulement quelques remarques

— meetrichting,
— hoek van deze richting op het front.

2) *Variabelen volgens de lading.* Dit zijn :

— totale lading van het salvo,
— aantal afvuringen,
— gemiddelde lading per vertikale afvuring,
— gemiddelde lading per horizontale afvuring,
— nummer van de zwaarst geladen afvuring,
— lading van de meest geladen afvuring,
— lading van de eerste, de tweede en de derde afvuring,
— aard van de springstof (6 verschillende typen).

3) *Variabelen volgens de onsteking.* Dit zijn :

— totale duur van het salvo,
— klassieke ontsteking of ontsteking langs de voet,
— vertraging tussen eventuele voorafgaande reeks en reeks nr. 1,
— vertraging tussen reeksen 1 en 2,
— vertraging tussen reeksen 2 en 3,
— voor eindreeksen die op eenzelfde lijn liggen : vertragingsnummer van de 2de rij t.o.v. de eerste; vertragingsnummer van de 3de rij t.o.v. de tweede; vertragingsnummer van de horizontale rij ten opzichte van de laatste vertikale.

4) *Variabelen volgens de opbouw van het schietfront.* Dit zijn :

— dikte van de voet voor de eerste reeksen,
— regelmatig of onregelmatig schot (onregelmatig schot is bijvoorbeeld schot aan de grens van de ontginning, voor het wegruimen van een overblijvend massief, voor het wegruimen van een helling, voor het afdiepen, enz.),
— recht of gesloten front.

5) *Geologische omstandigheden.*

Opmerkingen.

Bij elk schot noteert men ook bijzonderheden omtrent spreiding of vasthangen van het puin, schijnbare verbrijzeling, steenval, eventuele projekties.

Telt men de opgesomde invloedsfaktoren samen dan bekomt men reeds zowat 30 variabelen die invloed kunnen hebben op de trillingen. Deze faktoren werken bepaald niet alle tegelijk, doch men ziet duidelijk hoe ingewikkeld het probleem is en hoe moeilijk een ontleding van de metingen is.

Wegens de verschillende omstandigheden waarin geschoten wordt en de uiteenlopende technieken die gebruikt worden, moet men zeer veel proeven doen vooraleer men besluiten kan trekken.

Tot nu toe hebben we met de zowat 500 opmetingen van Quenast een studie gemaakt van het verband tussen de amplitude of de snelheid van de trilling en de variabelen volgens positie en lading. We beperken ons tot enkele bemerkingen over de opzoekingen

sur la recherche d'une « loi de vibration » ou plus précisément d'une relation entre la vitesse de vibration, la distance au front de tir et la charge de tir.

6. ETUDE DE LA VITESSE DE VIBRATION

Lorsque l'on étudie la vitesse de vibration en plusieurs points, en fonction des divers facteurs énumérés précédemment, on est toujours gêné par l'effet de la distance entre le front de tir et le point de mesure.

Dans le cas général, la vitesse diminue avec la distance, cette distance intervenant comme un facteur d'influence d'ordre 1. Il serait intéressant, pour comparer les mesures, de pouvoir les réduire à des distances constantes. Cela nécessite la connaissance d'une « loi de vibration ». Par ailleurs, la connaissance de cette loi permettrait de prévoir la vitesse de vibration en un point, lors d'un tir, et de comparer cette vitesse prévue à un seuil préfixé.

En nous basant sur les travaux récents de l'U.S. Bureau of Mines [1], nous essayons de trouver une ou plusieurs relations de la forme :

$$v = k \left(\frac{C^{\alpha}}{D}\right)^{n} \qquad (5)$$

où v = vitesse verticale de vibration particulaire,
D = distance front-point de mesure,
C = charge de la volée la plus chargée. Nous avons retenu provisoirement ce paramètre pour nous rapprocher le plus possible des conditions dans lesquelles le U.S. Bureau of Mines a établi des relations empiriques analogues,
k = coefficient de vitesse,
α et n sont des exposants.

Dans le cas de Quenast, nous avons trouvé :

$$\alpha \cong 0{,}5$$
$$0{,}7 < n < 1{,}2$$

La figure 5 montre un exemple de résultats expérimentaux dans une direction de mesure, pour deux étages différents et quelle que soit la nature des tirs (Direction Hennuyères. Etages I et II).

L'équation de la relation est dans ce cas :

$$v = 46{,}23 \left(\frac{C^{0,5}}{D}\right)^{0,75}$$

Au stade actuel, malgré un nombre de mesures encore restreint, nous avons donc pu reconnaître que de telles relations existent. Mais les coefficients et les exposants varient avec les étages de tir, le type de tir, la direction de mesure. Ce n'est que plus tard, lorsque nous disposerons de plus de données, que nous espérons pouvoir fixer plus exactement ces relations.

betreffende een trillingswet of beter een verband tussen de trillingssnelheid, de afstand tot het schietfront en de schietlading.

6. STUDIE VAN DE TRILLINGSSNELHEID

Zo men de trillingssnelheid in verschillende punten bestudeert aan de hand van de verschillende hiervoor vermelde faktoren, wordt men altijd gehinderd door de invloed van de afstand tussen het schietfront en het punt van de meting.

Over het algemeen vermindert de snelheid met de afstand, waarbij deze afstand optreedt als een faktor van orde 1. Zo men de metingen onderling wil vergelijken, zou men ze moeten kunnen omrekenen op een konstante afstand. Dit vergt de kennis van een « trillingswet ». Met deze wet zou men overigens kunnen voorzien welke snelheid een trilling, ingevolge een schot, zou hebben in een bepaald punt, en deze voorziene snelheid dan vergelijken met een op voorhand bepaalde drempel.

Ons baserend op de jongste werken van het U.S. Bureau of Mines [1] trachten wij één of verscheidene verhoudingen te vinden met de vorm :

$$v = k \left(\frac{C^{\alpha}}{D}\right)^{n} \qquad (5)$$

waarin :

v = vertikale trillingssnelheid van de deeltjes,
D = afstand tussen front en meetpunt,
C = lading van de zwaarst geladen reeks. We hebben deze parameter voorlopig behouden om zo dicht mogelijk bij de omstandigheden te blijven waarin het U.S. Bureau of Mines soortgelijke empirische formules heeft opgesteld,
k = snelheidskoëfficient,
α en n zijn exponenten.

Voor Quenast vonden we :

$$\alpha \cong 0{,}5$$
$$0{,}7 < n < 1{,}2$$

Figuur 5 geeft een voorbeeld van de proefondervindelijke resultaten in één meetrichting, voor twee verschillende verdiepingen en voor eender welke soort van afvuringen (richting Hennuyères, verdiepingen I en II).

In dit geval wordt de betrekking geschreven als volgt :

$$v = 46{,}23 \left(\frac{C^{0,5}}{D}\right)^{0,75}$$

Ondanks het feit dat we nog niet over voldoende metingen beschikken, kunnen we in het huidige stadium toch erkennen dat dergelijke verhoudingen bestaan. Maar de koëfficiënten en de exponenten variëren echter per schietverdieping, per schiettype, per meetrichting. Pas later, als we over meer gegevens beschikken, hopen we deze verhoudingen juister te kunnen vaststellen.

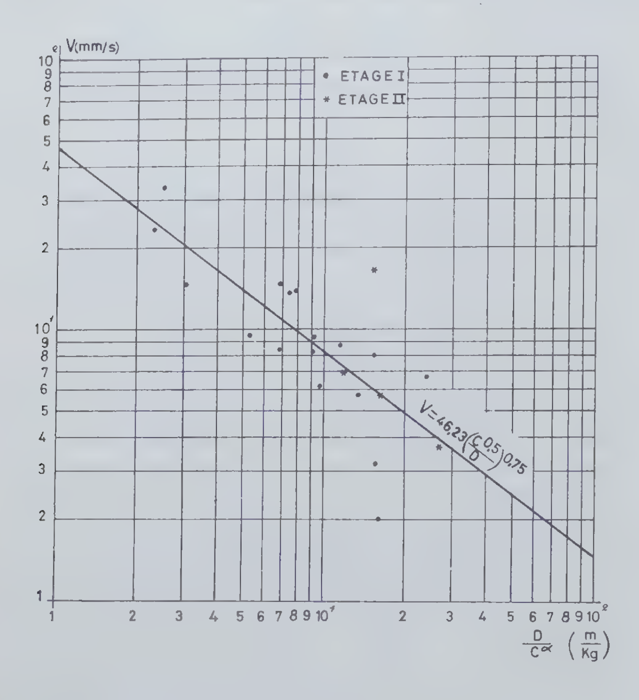


Fig. 5.

Carrière de Quenast.
Exemple de relations $v = k\ (C^{\alpha}/D)^n$.

Groeve van Quenast.
Voorbeeld van verhouding $v = k\ (C^{\alpha}/D)^n$.

7. INFLUENCE DU MODE D'AMORÇAGE

Nous avons déjà mentionné que l'on procédait à la carrière d'Ampsin, sur deux fronts, à des essais systématiques d'amorçages différents, les autres conditions restant égales par ailleurs.

Chaque série d'essais comprend un tir instantané, des tirs avec des retards de 20 ms ou avec des retards de 50 ms, échelonnés tous les fourneaux, ou tous les deux fourneaux, ou tous les trois fourneaux.

La figure 6 rend compte schématiquement des premières observations, les essais n'étant toutefois pas terminés.

La vitesse de vibration est la plus élevée lorsque l'on effectue un tir instantané (avec détos électriques). A retard égal (20 ou 50 ms), elle décroît lorsque l'on place un relais tous les trois — tous les deux — ou tous les fourneaux. Pour chacun de ces trois derniers modes d'amorçage, on observe la vitesse de vibra-

7. INVLOED VAN DE MANIER VAN ONTSTEKEN

We hebben reeds vermeld dat in de groeve van Ampsin aan twee fronten systematische proeven werden uitgevoerd met verschillende ontstekingen terwijl de andere omstandigheden dezelfde bleven.

Elke reeks proeven bestaat uit een momentonsteking, vertragingen van 20 ms of vertragingen van 50 ms, getrapt per mijn, of per twee mijnen, of per drie mijnen.

Figuur 6 geeft schematisch de eerste waarnemingen; de proeven zijn evenwel nog niet klaar.

De trillingssnelheid is het hoogst bij momentontsteking (elektrische ontstekers). Voor gelijke vertraging (20 ms of 50 ms) vermindert ze als men een vertraging plaatst per drie mijnen, per twee mijnen of per mijn. Voor elk van deze drie ontstekingswijzen

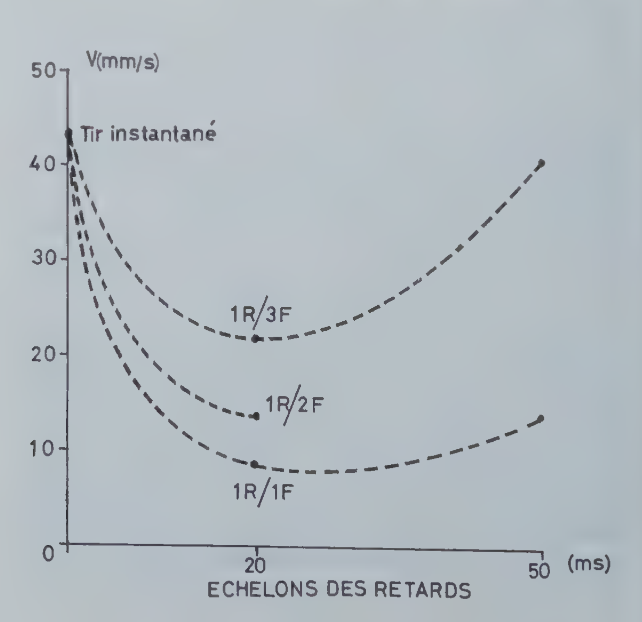


Fig. 6.

Carrière d'Ampsin.
Relation entre vitesse de vibration et retard d'amorçage.

Groeve van Ampsin.
Verband tussen trillingssnelheid en ontstekingsvertraging.

tion la plus faible lorsque le retard adopté est de 20 ms. Le retard optimum pourrait d'ailleurs être quelque peu différent de 20 ms. Il serait intéressant de pouvoir tracer les courbes de la figure 6 à l'aide de mesures faites avec des échelons de retards plus nombreux. Mais, de toute façon, il apparaît déjà — du moins dans le cas de la carrière d'Ampsin — que, lorsque l'on choisit un type d'amorçage avec retards, il vaut mieux adopter les retards de 20 ms.

La vitesse minimale de vibration obtenue avec des relais de 20 ms pourrait résulter du fait que l'échelonnement correspond alors à peu près à la demi-période de vibration souvent mesurée à Ampsin et qui est de l'ordre de 25 ms :

$$\frac{T}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{1000 \text{ ms}}{20} = 25 \text{ ms}$$

L'impulsion de vibration due au départ d'une mine ou d'une volée compenserait, partiellement du moins, l'impulsion due à la mine ou à la volée précédente, les deux impulsions étant en opposition de phase. Il y aurait donc dès lors compensation dans la superposition des ondes successives.

8. CONCLUSIONS

Le travail entrepris à Quenast, et dans les autres carrières, est un travail de longue haleine, à n'en pas douter si l'on considère la complexité du problème et l'hétérogénéité des conditions naturelles, des conditions de tirs et des conditions de mesures. L'étude de l'influence de la distance et de la charge n'est qu'un aspect de la question. Par exemple, le fait d'avoir retenu provisoirement comme facteur d'influence « la charge de la volée la plus chargée » ne signifie pas que l'on puisse omettre d'examiner l'influence de la charge des premières volées, ou de leur somme, ou bien celle de la charge totale.

Et puis, il y a toutes les autres variables qu'il faut examiner : variables d'amorçage, variables de configuration du front de tir, etc.

En dépit des difficultés, il faudra étudier aussi la forme elle-même des enregistrements. On pourra certainement en déduire des enseignements.

Il ne sera peut-être pas inutile non plus de comparer les vibrations de tirs avec d'autres vibrations, comme celles qui sont causées par la circulation routière, par exemple.

Mais, peu à peu, les études feront apparaître des règles de bonne pratique des tirs, utiles à l'exploitant et assurant la sécurité de l'environnement.

Dans toute la mesure des moyens disponibles, l'INIEX poursuivra les mesures et les études qui lui sont demandées, comptant toutefois sur la participation et l'aide des principaux intéressés. En terminant, nous

vindt men de laagste trillingssnelheid met de vertraging van 20 ms. De optimale vertraging kan wel even verschillen van 20 ms. Het zou interessant zijn zo men de krommen van figuur 6 kon trekken met behulp van metingen, uitgevoerd met talrijker trappen tussen de ontstekers. Alleszins is — tenminste bij de proeven van Ampsin — gebleken dat in het geval waarin vertragingsontstekers worden genomen, best een vertraging van 20 ms kan gekozen worden.

Het feit dat met een vertraging van 20 ms de laagste trillingssnelheden bekomen worden zou hieraan kunnen te wijten zijn dat deze trap ongeveer overeenstemt met een halve periode van de trilling die vaak te Ampsin werd gemeten en die zowat 25 ms bedraagt :

$$\frac{T}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{1000 \text{ ms}}{20} = 25 \text{ ms}$$

De trillingsimpuls die door een mijn of een reeks veroorzaakt wordt, zou ten minste gedeeltelijk de impuls, te wijten aan de voorgaande mijn of reeks kompenseren, aangezien beide impulsen tegengesteld van faze zijn. Op dat ogenblik zou het superponeren van de opeenvolgende golven bijgevolg een kompensatie tot gevolg hebben.

8. BESLUITEN

Het werk dat te Quenast en in de andere groeven is aangevangen zal langdurig zijn; dit lijdt geen twijfel gezien de complexiteit van het probleem en de heterogeniteit in de natuurlijke omstandigheden, de omstandigheden waarin geschoten en die waarin gemeten wordt. De studie van afstand en lading behandelt slechts één kant van de opgave. Zo men bij voorbeeld « de lading van de meest geladen reeks » voorlopig behouden heeft als invloedsfaktor, betekent zulks niet dat men zou mogen nalaten de invoed na te gaan van de lading der eerste reeksen of de som ervan of de totale lading.

Dan zijn er nog al de andere variabelen die men moet onderzoeken : variabelen inzake ontsteking, variabelen inzake opstelling van het schietfront, enz.

Ondanks de moeilijkheden zal men ook de vorm van de registreringen zelf moeten onderzoeken. Men zal daar ongetwijfeld nuttige dingen uit halen.

Mogelijk zal het ook nuttig zijn de trillingen, veroorzaakt door springwerk, te vergelijken met andere trillingen, zoals die welke veroorzaakt worden voor het wegverkeer bij voorbeeld.

Niettemin zullen de studies stap voor stap voor het springwerk de goede metode doen uitkomen, tot nut van de exploitant en tot grotere beveiliging van de omgeving.

Het NIEB zal met al zijn middelen de metingen en studies voortzetten die hem zullen gevraagd worden doch het rekent daarbij op deelneming en hulp van alle belanghebbenden. Om te eindigen onderstrepen

tenons à souligner l'excellent esprit de collaboration que nous avons rencontré dans les diverses exploitations, à Quenast entre autres, et nous tenons à remercier la direction, les ingénieurs et le personnel des carrières. Nous remercions aussi très chaleureusement nos collaborateurs M. Giust, ingénieur technicien, et M. Ponsart, technicien à l'Iniex, qui participèrent activement aux mesures et à leur analyse.

we dat we in de verschillende bedrijven, in Quenast en elders, de beste geest van samenwerking hebben ontmoet, en graag betuigen we onze dank aan de direktie, aan de ingenieurs en het personeel van de groeven. Onze hartelijke dank gaat ook naar onze medewerkers de h. Giost, technisch ingenieur, en de h. Ponsart, technicus bij het NIEB, die aktief meewerken bij het opnemen en analyseren.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] H.R. Nicholls, Ch. F. Johnson, W.J. Duvall. « Blasting vibrations and their effects on structures ». *U.S. Bureau of Mines, Bulletin 656,* - 1971.

[2] L. Deffet. « Considérations sur des mesures de vibrations réalisées aux carrières de Quenast ». *Explosifs,* n° 3, 1951, pp. 123/130.

[3] L. Deffet. « Etude des vibrations dues aux tirs en carrières ». *Explosifs,* n° 4, 1951, pp. 143/149.

[4] L. Deffet. « Quelques résultats pratiques d'études de vibrations en carrières », *Explosifs,* n° 2, 1952, pp. 55/64.

[5] L. Leffet et J. Demarque. « Vibrations et fragmentation dans les tirs à court retard », *Explosifs,* n° 1, 1954, pp. 15/20.

[6] M. Poulet. « Bruits et ébranlements provoqués par l'abattage en carrière », *Revue de l'Industrie Minérale,* juin 1964, pp. 467/472.

BIBLIOGRAFISCHE VERWIJZINGEN

[7] R.W. Laird. « How to assess earthborne vibrations from blasting », *Coal Age,* juin 1972, pp. 100/101.

[8] E. Schmitz-Sieg, « Neue Möglichkeiten zur Überwachung von Sprengerschütterungen ». *Nobel Hefte,* H.4, Octobre 1971, pp. 121/128.

[9] A. Schomann, « Elektronisches Rechengerät zur direkten Aufzeichnung der resultierenden Schwinggeschwindigkeit bei Sprengerschütterungsmessungen ». *Nobel Hefte,* H. 1/2, janvier/mars 1970, pp 36/43.

[10] H. Baule, « Messgerät für Sprengerschütterungen », *Nobel-Hefte,* H.2, mars 1961, pp. 65/71.

[11] H. Baule, « Sprengerschütterungen. Messung und Beurteilung der Schadenwirkung auf Gebäude », *VDI-Berichte* nr. 113, 1967.

Une cause peu prévisible de raté du détonateur à mèche

Een moeilijk te voorziene oorzaak voor het ketsen van ontstekers op lont

P. GOFFART *

RESUME

On avait observé en carrière des ratés de détonateurs sertis sur mèches de façon étanche; réessayés avec une nouvelle mèche fixée de façon plus sommaire, les détonateurs ratés fonctionnaient normalement.

Des essais systématiques ont confirmé que l'étanchéité du sertissage pouvait être un facteur de raté lorsqu'un espace mort existe, à l'intérieur du détonateur, entre la poudre de la mèche et l'explosif sensible appelé à engendrer la détonation.

Une règle pratique a été dégagée, qui permet d'éviter le raté dans les conditions industrielles de travail, mais sans pouvoir réaliser toutefois un assemblage mèche-détonateur étanche au point de pouvoir amorcer des trous de mines noyés.

Le processus du raté a été envisagé dans la perspective d'une analyse de la cause.

INHALTSANGABE

Im Steinbruch wurden Versager von Sprengkapseln beobachtet, und zwar handelte es sich dabei um Sprengkapseln, die dicht in einer Zündschnur eingefaßt waren. Sie wurden erneut erprobt mit einer neuen, etwas loser befestigten Zündschnur. Diesmal funktionierten die versagenden Sprengkapseln normal.

SAMENVATTING

Men had in het groefbedrijf ondervonden dat dicht op de lont bevestigde ontstekers ketsten; nadat men ze op een eenvoudiger manier op een nieuwe lont bevestigd had, werkten de geketste ontstekers normaal.

Systematische proeven hebben aangetoond dat de dichtheid van de inklemming een oorzaak van mislukking kan zijn wanneer er aan de binnenkant van de ontsteker een dode ruimte bestaat tussen het poeder van de lont en het knalkwik dat de ontsteking moet bewerken.

Men heeft een praktische regel kunnen uitwerken waardoor mislukkingen in industriële omstandigheden worden vermeden, zonder dat men evenwel een dichte verbinding tussen lont en ontsteker heeft kunnen maken die kan dienen voor het ontsteken van vol water gelopen mijngaten.

Het verschijnsel van het ketsen werd benaderd met het oog op een analyse van de oorzaak.

SUMMARY

In the quarries, misfiring of detonators crimped on fuse in watertight conditions has been observed; when re-tested with a new fixed more hastily, the misfired detonators worked normally.

* Ingénieur principal divisionnaire au Corps des Mines (Administration centrale des Mines, Service des explosifs) chargé de la direction du groupe « Explosifs » de l'INIEX, rue Montoyer, 3 - B 1040 Bruxelles.

* Eerstaanwezend divisiemijningenieur bij het Mijnkorps (Administratie van het Mijnwezen, Dienst der Springstoffen), belast met de direktie van de afdeling « Springstoffen » van het NIEB, Montoyerstraat, 3 - B 1040 Brussel.

Aus systematisch durchgeführten Versuchen stellte sich heraus, daß die Dichtigkeit der Einfassung zu einem Versager führen kann, wenn innerhalb der Sprengkapsel ein toter Raum besteht zwischen dem Schnurpulver und dem empfindlichen Sprengstoff, der für die Auslösung der Detonation bestimmt ist.

Es ergab sich eine praktische Maßnahme zur Vermeidung von Versagern unter betrieblichen Arbeitsbedingungen, jedoch konnte man keine Kombination Zündschnur-Sprengkapsel schaffen, die so dicht wäre, daß versenkte Sprenglöcher scharfgemacht werden können.

Der Versagervorgang wurde unter dem Gesichtspunkt der Untersuchung der Fehlerquelle ins Auge gefaßt.

Systematic tests have confirmed that the watertight crimping migh be a factor of the misfiring when there is a dead space inside the detonator, between the powder of the fuse and the sensitive explosive for engendering the detonation.

A practical rule was formulated whereby misfiring could be avoided in industrial working conditions, but without it being possible however to produce a fuse-detonator assembly sufficiently watertight to be able to prime flooded blastholes.

The misfiring process was envisaged in the perspective of an analysis of the cause.

Dans le cadre de l'exploitation moderne des carrières, l'emploi de détonateurs ordinaires à sertir sur brins de mèche se justifie par diverses raisons que nous n'envisagerons pas ici, mais qui ressortissent aussi bien à la sécurité du travail ou à la protection de l'environnement qu'à l'économie de l'exploitation.

PREAMBULE

En Belgique, jusqu'à l'heure actuelle, l'utilisateur doit assembler lui-même les détonateurs qu'il reçoit en boîtes de cent pièces et les brins de mèche qu'il découpe d'un rouleau. Lors de l'emploi surviennent parfois des ratés qui peuvent résulter, soit d'un défaut d'assemblage, soit d'une mise en œuvre inappropriée telle que le chargement sous la pluie ou l'amorçage de trous de mines contenant de l'eau alors que le sertissage du détonateur sur la mèche n'est pas réalisé de façon étanche : c'est le raté banal.

En vue d'améliorer les caractéristiques de l'assemblage du détonateur à la mèche et d'éliminer ainsi les causes de raté les plus courantes, la direction d'une importante carrière de pierre porphyrique remplaça en 1966 la pince ordinaire à sertir les détonateurs (fig. 1) par une sertisseuse à main plus perfectionnée (fig. 2). Ce dernier outil possède une tête cylindro-conique solidaire d'une tige fixe et une tige mobile articulée sur la première. Il y a dans la tête un noyau mobile avec logement axial de profondeur réglable (au moyen d'une vis intérieure accessible par l'arrière de la tête), dans lequel on introduit complètement le détonateur à sertir (la profondeur doit être d'abord appropriée à la longueur des détonateurs utilisés) ; le serrage des tiges de commande détermine, dans la tête cylindro-conique, une

In het moderne groefbedrijf is het gebruik van gewone ontstekers die aan een eind lont worden bevestigd, aangewezen om verschillende redenen die we hier niet gaan ontleden, doch die zowel met de veiligheid op het werk en de bescherming van de omgeving verband houden als met een ekonomische ontginning.

VOORWOORD

De Belgische ontginner moet tot nu toe de ontstekers die hij ontvangt in dozen van honderd stuks, en de einden lont die hij van een rol afsnijdt, zelf verbinden. Bij het gebruik komen soms mislukkingen voor die het gevolg kunnen zijn ofwel van een fout in de verbinding, ofwel van een verkeerde handelwijze zoals het laden in de regen, of het ontsteken in mijngaten die water bevatten, en dat terwijl de verbinding tussen ontsteker en lont niet dicht gemaakt is; het is de meest voorkomende vorm van mislukking.

Met het doel de verbinding tussen ontsteker en lont op een betere manier uit te voeren en zo de meest voorkomende oorzaak van mislukking uit te schakelen heeft de direktie van een belangrijke porfiergroeve in 1966 de gewone tang voor het verbinden van ontstekers (fig. 1) vervangen door een verbeterde handklemmachine (fig. 2). Dit apparaat heeft een cilindrisch-kegelvormige kop die één geheel vormt met een vaste stang, en een beweeglijke die met de eerste scharnierend is verbonden. In de kop is een beweeglijke kern met een axiale opening met regelbare diepte (regeling door middel van een inwendige schroefdraad bereikbaar aan de achterkant van de kop) ; de te bevestigen ontsteker wordt hier helemaal ingeschoven (de diepte moet vooraf worden aangepast aan de lengte van de ontstekers) ; door het

translation du noyau mobile qui contient le détonateur et qui, par serrement, opère le sertissage (fig. 3). Il s'ensuit, près de l'orifice du détonateur, des déformations radiales ayant un centre de symétrie situé dans l'axe du tube et, de ce fait, tout à fait différentes du résultat obtenu avec la pince ordinaire (fig. 4).

aanspannen van bedieningsstangen wordt in de cilindrisch-kegelvormige kop een verplaatsing veroorzaakt van de beweeglijke kern die de ontsteker bevat en die door aanspannen het inklemmen teweegbrengt (fig. 3). Daardoor ontstaan er nabij de opening van de ontsteker radiale vervormingen die symmetrisch zijn ten opzichte van de as van de buis en die om die reden helemaal verschillen van hetgeen men bekomt door middel van de gewone tang (fig. 4).



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.

La figure 5 montre côte à côte et de gauche à droite :

— un détonateur PRB à tube d'aluminium de type courant (longueur 40 mm, diamètre extérieur 6,5 mm, épaisseur de paroi 0,4 mm);
— un tel détonateur serti à la pince ordinaire (plus petite dimension extérieure à l'endroit du pinçage : 5,5 mm);

Op figuur 5 ziet men naast elkaar en van links naar rechts :

— een ontsteker PRB met aluminiumbuisje van het gewone type (lengte 40 mm, buitendoormeter 6,5 mm, wanddikte 0,4 mm);
— een soortgelijke ontsteker die bevestigd werd met de gewone tang (kleinste buitenafmeting ter hoogte van de inklemming : 5,5 mm);

— un tel détonateur serti dans la tête cylindro-conique (fig. 3) et portant trois cols de sertissage dont la plus petite dimension est respectivement, en partant de l'orifice du tube : 4,8 - 5,2 - 5,4 mm.

— eenzelfde ontsteker ingeklemd in de cilindrisch-kegelvormige kop (fig. 3) met drie klemringen die respectievelijk als kleinste afmeting hebben, van de opening van de buis af : 4,8 - 5,2 - 5,4 mm.

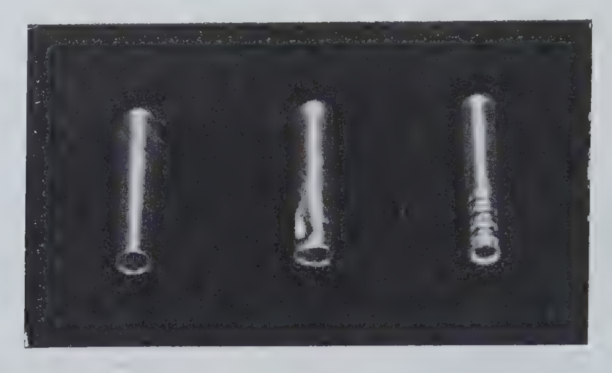


Fig. 5.

On comprend que le simple pinçage sur mèche ne procure pas un ensemble étanche à l'eau, lequel peut être réalisé avec la sertisseuse à main du modèle adopté en 1966.

*
* *

On observa cependant, à la carrière qui utilisait le sertissage perfectionné, de nombreux ratés qui se manifestaient sporadiquement avec une grande fréquence.

Ainsi par exemple, en septembre 1967, septante-quatre ratés furent examinés par le fabricant de détonateurs, qui ne décela aucun défaut du point de vue pyrotechnique; dix de ces détonateurs, munis de nouvelles mèches, fonctionnèrent normalement; l'usine émit l'hypothèse qu'un coupage incorrect de la mèche, lequel aurait eu pour conséquence une obstruction du canal de poudre noire, pouvait avoir provoqué les défauts de mise à feu constatés à la carrière.

Le phénomène se reproduisit par la suite, notamment en mai 1970, cette fois-ci en notre présence, de sorte que nous avons eu l'occasion d'investiguer personnellement en disposant d'échantillons de ratés. Le fabricant examina une dizaine de détonateurs et les trouva en bon état de fonctionnement; il émit l'hypothèse que la mèche gainée de p.v.c. pouvait être responsable des ratés bien que, disait-il, le sertissage fût très bien réalisé en carrière et qu'il n'y eût aucune trace de matière étrangère à la sortie du canal de poudre noire dans le détonateur. Pour notre part, nous fîmes les mêmes constatations que le fabricant au sujet du bon état des détonateurs, mais il nous fut en outre donné de penser à une

Men begrijpt dat de gewone inklemming op een lont het geheel niet waterdicht maakt, hetgeen wel kan gebeuren met de handklemmachine van het model dat werd aangenomen in 1966.

*
* *

Toch stelde men in de groeve waar deze verbeterde manier van klemmen gebruikt werd, talrijke mislukkingen vast die sporadisch in groot getal optraden.

Zo werden bij voorbeeld in september 1967 vierenzeventig mislukkingen onderzocht door de fabrikant van de ontstekers, die op pyrotechnisch gebied geen enkel gebrek ontdekte; tien van deze ontstekers werkten normaal nadat ze van een nieuwe lont waren voorzien; de fabriek opperde de veronderstelling dat de lont foutief was doorgesneden waardoor het kanaal van het zwarte poeder zou zijn afgesloten hetgeen dan weer de oorzaak kon geweest zijn van het mislukken in de ontsteking dat men in de groeve had vastgesteld.

Het verschijnsel trad opnieuw op, ditmaal in mei 1970, en nu in onze aanwezigheid, zodat we zelf het onderzoek hebben kunnen doorvoeren met behulp van de mislukte ontstekers. De fabrikant onderzocht een tiental ontstekers en vond er geen gebrek aan; hij achtte het mogelijk dat de oorzaak van de mislukking lag in de met PVC omhulde lont alhoewel de bevestiging volgens hem in de groeve zeer goed uitgevoerd was en er geen enkel spoor van enig vreemd voorwerp te vinden was aan het einde van het kanaal van zwart poeder in de ontsteker. Ook wij stelden evenals de fabrikant vast dat de ontstekers goed waren doch daarbuiten werd onze aandacht gevestigd op een zeer ongewone oorzaak van ketsing,

cause de raté peu banale, grâce à une information technique communiquée par une revue spécialisée.

Après une semaine de réflexion et afin de parer au plus pressé, nous avons conseillé à la direction de la carrière de faire placer, sur la tige fixe de la sertisseuse à main (fig. 2), une butée qui n'existait pas d'origine, et de la régler pour que le col de sertissage le plus serré ait une plus petite dimension qui ne soit pas inférieure à 5,6 mm.

Nous avons eu ainsi l'avantage de donner un avis qui a permis de supprimer entièrement les ratés, si l'on tient compte de l'expérience de chantier acquise à fin 1972 par la carrière en cause.

Parallèlement, nous nous sommes attachés à reproduire le phénomène en laboratoire, afin de vérifier la cause que nous avions supposée et d'étudier les facteurs de ratés.

Ces résultats nous paraissent aujourd'hui de nature à intéresser les carriers qui utilisent les détonateurs à mèche.

PREMISSES

La cause peu banale de raté à laquelle nous avons fait allusion ci-avant, est exposée dans une communication que le Dr Sinabell, de la Dynamit Nobel A.G. à Vienne, a faite en 1961 sur un nouveau procédé de recherche relatif aux mèches à poudre noire en vue de l'explication de ratés de détonateurs [1].

Nous retenons notamment de cette publication, qui retrace des travaux menés avec le concours du service métrologique de la Faculté polytechnique de Vienne :

1°) qu'une mèche en combustion est le siège de pressions de gaz;

2°) qu'en faisant brûler 10 cm de mèche, on recueille en général 2 à 8 cc de produits gazeux, parfois plus;

3°) qu'un courant gazeux dépendant des caractéristiques de la mèche, s'établit de proche en proche dans l'âme de poudre noire, y compris en avant de la zone de feu;

4°) qu'une bonne mèche brûlant en régime stationnaire est le siège d'une surpression assez constante jusqu'à ce que le feu ait atteint l'extrémité du brin en ignition;

5°) que, suivant les caractéristiques de la mèche, la pression de combustion a une valeur déterminée comprise entre 0,15 et 0,45 kg/cm²;

6°) que, si un détonateur est serti sur mèche de façon étanche aux gaz, les produits de com-

en dit dank zij een technische mededeling die we vonden in een gespecialiseerd tijdschrift.

Nadat we een week nagedacht hadden en om toch de meest dringende voorzorgen te treffen, hebben we de direktie van de groeve aangeraden op de vaste stang van het klemapparaat (fig. 2) een stootblokje te zetten dat er oorspronkelijk niet was, en het zo te regelen dat de kleinste doormeter van de sterkst geklemde kraag niet minder zou bedragen dan 5,6 mm.

We hebben het geluk gehad hiermee een advies te verstrekken waardoor de mislukkingen volledig voorkomen werden, rekening gehouden met de ondervinding die de betrokken groeve eind 1972 op het werk heeft opgedaan.

Terzelfder tijd hebben we getracht het verschijnsel in het laboratorium te doen optreden zodat we de oorzaak die we verondersteld hadden, konden vaststellen en de faktoren van de mislukkingen bestuderen.

De resultaten van ons werk lijken ons op dit ogenblik niet zonder belang voor de groefontginners die gebruik maken van ontstekers op lont.

VERONDERSTELLINGEN

De ongewone oorzaak voor mislukking waarop we hiervoor hebben gezinspeeld werd uiteengezet in een mededeling van Dr. Sinabell van het Dynamit Nobel A.G. te Wenen, die hij in 1961 heeft gepubliceerd over een nieuw onderzoeksprocédé betreffende lonten met zwart poeder en wel met het oog op het verklaren van de mislukkingen met ontstekers [1].

Van het uitgevoerde onderzoekswerk dat verricht werd met de hulp van de metrologische dienst van de polytechnische fakulteit van Wenen, onthouden we voornamelijk het volgende :

1°) een brandende lont bevat gas onder druk;

2°) zo men 10 cm van een lont opbrandt, krijgt men over het algemeen 2 tot 8 cm³ gas en soms meer;

3°) een gasstroom afhankelijk van de kenmerken van de lont, komt tot stand in de kern van zwart poeder, vlak bij het punt van verbranding en met inbegrip van het gedeelte van de lont vlak daarvoor;

4°) wanneer een goede lont stationair brandt, vertoont zo een gasoverdruk die vrij konstant is en duren blijft tot het vuur het vrije uiteinde van het brandende eind heeft bereikt;

5°) naargelang van de soort van lont heeft de verbrandingsdruk een waarde van 0,15 tot 0,45 kg/cm²;

6°) zo de ontsteker gasdicht op de lont geklemd is, veroorzaken de verbrandingsgassen, voort-

bustion des derniers centimètres de mèche engendrent une surpression à l'intérieur du tube métallique;

7°) que des pressions de combustion plus élevées que 0,5 kg/cm² ou encore des pointes de pression dues par exemple à des portions de mèche sous-chargées en poudre noire, sont favorables aux ratés de détonateurs;

8°) que le raté de détonateur, imputable à un effet de surpression à l'intérieur du tube, est plus fréquent lorsqu'il y a un espace mort (coussin d'air) entre l'extrémité sertie de la mèche et l'explosif du détonateur.

Il nous restait à organiser des essais de laboratoire sur la base de ces indications.

ESSAIS DE LABORATOIRE

La mèche PRB dite « plastifiée », c'est-à-dire gainée de p.v.c., a ordinairement un diamètre extérieur voisin de 4,8 mm (fig. 6, côté gauche).

Le dessin (fig. 7) montre, partiellement en coupe, le détonateur de type courant serti à trois cols sur une pareille mèche coupée « droite »,

komend van de laatste centimeters van de lont, een overdruk in het inwendige van de metalen buis;

7°) een verbrandingsdruk van meer dan 0,5 kg/cm² of drukpieken die bij voorbeeld te wijten zijn aan onderlading van gedeelten van de lont in zwart poeder, bevorderen het ketsen van de ontstekers;

8°) mislukking van de ontsteker, als gevolg van een overdruk in de buis, komt vaker voor wanneer er een dode ruimte is (luchtkussen) tussen het ingeklemde einde van de lont en de springstof in de ontsteker.

We moesten alleen nog laboratoriumproeven opmaken op basis van deze aanduidingen.

LABORATORIUMPROEVEN

De zogenaamde « geplastificeerde » PRB-lont d.w.z. een lont die met PVC bedekt is, heeft gewoonlijk een doormeter van zowat 4,8 mm (fig. 6, links).

De schets (fig. 7) toont, gedeeltelijk opengewerkt, de gewone ontsteker die met drie kragen geklemd is op een soortgelijke lont die « recht »

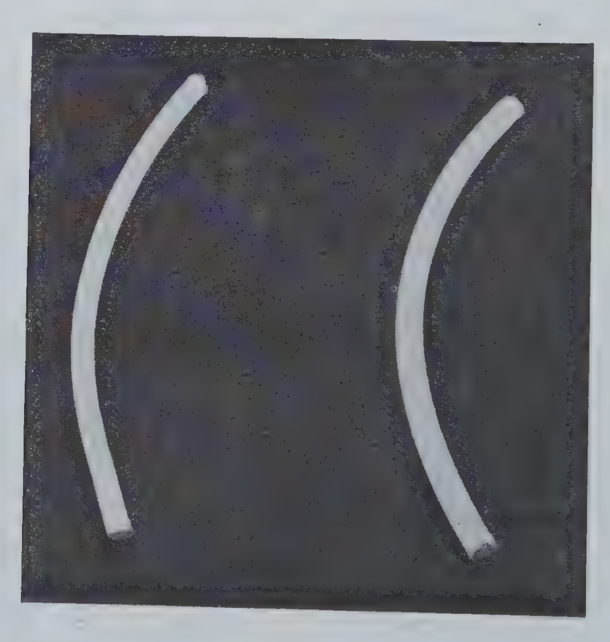


Fig. 6.

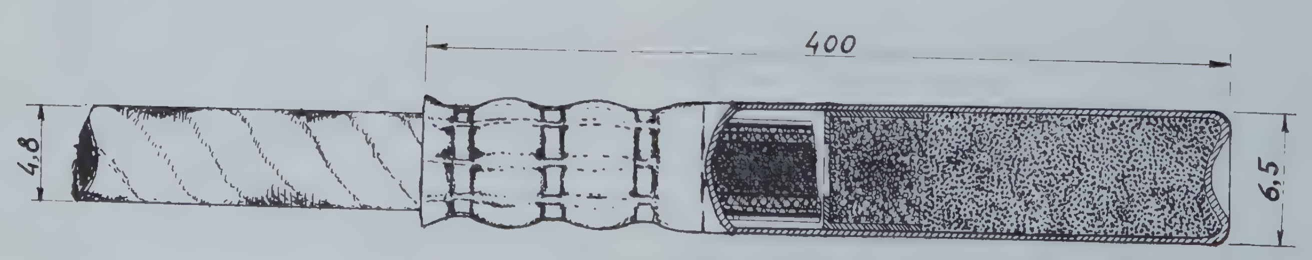


Fig. 7.

c'est-à-dire perpendiculairement à son axe, la section droite de la mèche étant pratiquement en contact avec l'explosif initiant du détonateur (pas d'espace mort).

Pour les essais, nous avons utilisé, en plus de la mèche de diamètre ordinaire (d'ailleurs prélevée en carrière), une mèche à gaine en p.v.c. plus épaisse, dite mèche « grosse » (fig. 6, côté droit) ayant 5,3 - 5,6 mm de diamètre extérieur *. En sertissant le détonateur de type courant sur pareille mèche, la plus petite dimension extérieure du col de sertissage le plus serré étant comprise entre 5,2 et 5,4 mm, on obtient une étanchéité parfaite et le brin de mèche ne peut être extirpé par traction.

Les coussins d'air dus à un espace mort entre l'extrémité de la mèche et l'explosif du détonateur ont été réalisés de deux manières :

— par écartement volontaire entre le bout de mèche coupé droit et l'explosif;
— par bout de mèche coupé en sifflet (30° ou 45°) sans écartement entre l'extrémité du biseau et l'explosif.

I. **Mèche grosse coupée droite** (sertissage à trois cols)

a) *Sertie pour contact avec l'explosif du détonateur.*

Aucun raté sur 20 essais.

b) *Sertie pour réaliser un coussin d'air 1 mm.*

Un raté sur 20 essais

pour diam. mèche 5,5 mm et cols :

5,2- 5,5 - 5,7 mm

c) *Sertie pour réaliser un coussin d'air 2 mm.*

Sept ratés sur 20 essais

pour diam. mèche 5,5 mm et cols :

5,3 - 5,5 - 5,7 mm
5,4 - 5,5 - 5,7 mm
5,3 - 5,5 - 5,7 mm
5,3 - 5,6 - 5,75 mm
5,3 - 5,5 - 5,8 mm
5,25 - 5,45 - 5,7 mm
5,25 - 5,45 - 5,75 mm

La figure 8 montre les huit ratés côte à côte.

L'étanchéité est telle que la mèche brûlée ne peut pas être extirpée par traction du détonateur; il faut scier le tube sous le sertissage pour désassembler les deux éléments.

On constate le rôle déterminant du coussin d'air sur la fréquence du raté : cette fréquence

* Nous remercions la direction de l'usine PRB de Clermont-sous-Huy de nous avoir fourni ces mèches spéciales.

afgesneden is dit wil zeggen loodrecht op haar as; hierbij staat de loodrechte sektie van de lont praktisch in kontakt met de springstof die de ontsteker in gang zet (geen dode ruimte).

Voor de proeven hebben we naast de lont met gewone doormeter (die trouwens in de groeven genomen was) gebruik gemaakt van een dikkere PVC-lont, de « zware » lont genoemd (fig. 6, rechts), die een uitwendige doormeter heeft van 5,3 tot 5,6 mm *. Klemt men een gewone ontsteker op dergelijke lont, dan bekomt men, aangezien de kleinste buitendoormeter van de klemkraag tussen 5,2 en 5,4 mm ligt, een volmaakte dichtheid, en kan het eind lont niet meer door traktie worden uitgerukt.

De luchtkussens die het gevolg zijn van een dode ruimte tussen het uiteinde van de lont en de springstof van de ontsteker werden op twee manieren tot stand gebracht :

— door opzettelijk een opening te maken tussen de recht doorgesneden lont en de springstof;
— door de lont schuin af te snijden (30° of 45°) zonder dat er een opening werd gelaten tussen het uiteinde van deze spie en de springstof.

I. **Recht afgesneden, zware lont** (klemming met drie kragen)

a) *Zo geklemd dat ze in kontakt komt met de springstof van de ontsteker.*

Op 20 proeven geen enkele mislukking.

b) *Zo geklemd dat er een luchtkussen ontstaat van 1 mm.*

Op 20 proeven één mislukking

met een lontdoormeter van 5,5 mm en kragen van :

5,2 - 5,5 - 5,7 mm

c) *Zo geklemd dat er een luchtkussen ontstaat van 2 mm.*

Op 20 proeven 7 mislukkingen

met een lontdoormeter van 5,5 mm en kragen van :

5,3 - 5,5 - 5,7 mm
5,4 - 5,5 - 5,7 mm
5,3 - 5,5 - 5,7 mm
5,3 - 5,6 - 5,75 mm
5,3 - 5,5 - 5,8 mm
5,25 - 5,45 - 5,7 mm
5,25 - 5,45 - 5,75 mm

Figuur 8 toont de acht mislukkingen naast elkaar.

De dichtheid is zo groot dat de verbrande lont niet door trekken uit de ontsteker kan worden

(*) We danken de direktie van de PRB-fabriek te Clermont-sous-Huy die ons deze speciale lonten heeft bezorgd.

pourrait être nulle moyennant un assemblage sans espace mort, réalisé dans des conditions de laboratoire.

verwijderd; men moet de buis onder de klemkraag doorzagen om beide elementen te kunnen scheiden.

Men bemerkt welke bepalende invloed het luchtkussen heeft op de frekwentie van de mislukkingen; deze frekwentie kan nul zijn zo men een verbinding maakt zonder dode ruimte, zoals in een laboratorium mogelijk is.

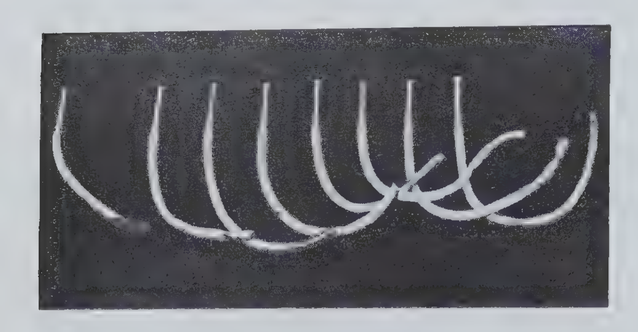


Fig. 8.

II. **Mèche grosse coupée en sifflet** (sertissage à trois cols)

a) *Sifflet à 45°.*

Un raté sur 20 essais

pour diam. mèche 5,6 mm et cols :

5,3 - 5,5 - 5,7 mm

b) *Sifflet à 30°.*

Six ratés sur 20 essais

pour diam. mèche 5,5 mm et cols :

5,2 - 5,5 - 5,7 mm
5,3 - 5,45 - 5,7 mm
5,3 - 5,5 - 5,7 mm
5,3 - 5,55 - 5,75 mm
5,3 - 5,5 - 5,75 mm
5,3 - 5,5 - 5,8 mm

La figure 9 montre les sept ratés côte à côte.

Ces résultats confirment le rôle néfaste du coussin d'air : plus celui-ci est important, plus le raté est probable.

A noter que le coupage de la mèche en sifflet est certainement, en pratique industrielle, une cause d'espace mort plus fréquente que le fait de ne pas bien pousser la mèche contre l'explosif du détonateur.

II. **Schuin afgesneden, zware lont** (klemming met drie kragen)

a) *Gesneden volgens een hoek van 45°.*

Op 20 proeven één mislukking

met een lontdoormeter van 5,6 mm en kragen van :

5,3 - 5,5 - 5,7 mm

b) *Gesneden volgens een hoek van 30°.*

Op 20 proeven 6 mislukkingen

met een lontdoormeter van 5,5 mm en kragen van :

5,2 - 5,5 - 5,7 mm
5,3 - 5,45 - 5,7 mm
5,3 - 5,5 - 5,7 mm
5,3 - 5,55 - 5,75 mm
5,3 - 5,5 - 5,75 mm
5,3 - 5,5 - 5,8 mm

Figuur 9 toont de zeven mislukkingen naast elkaar.

Deze proeven bevestigen de slechte invloed van het luchtkussen; hoe groter dit is, des te waarschijnlijker wordt de mislukking.

We noteren dat er in de industriële praktijk meer dode ruimten worden veroorzaakt door het schuin afsnijden van de lont dan door het niet goed induwen van de lont tegen de springstof van de ontsteker.



Fig. 9.

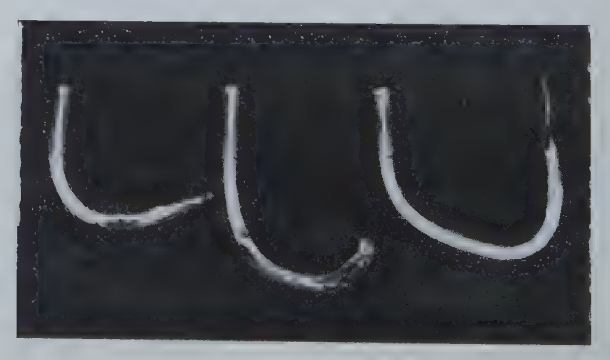


Fig. 10.

III. **Mèche grosse coupée droite** (sertissage à un col)

a) *Sertie pour réaliser un coussin d'air 1 mm.*
Aucun raté sur 20 essais.

b) *Sertie pour réaliser un coussin d'air 2 mm.*
Un raté sur 20 essais
pour diam. mèche 5,6 mm et col 5,7 mm.

En comparant I et III, on voit que la fréquence des ratés diminue nettement lorsque le sertissage est moins étanche.

IV. **Mèche ordinaire coupée droite** (sertissage à trois cols)

Sertie pour contact avec l'explosif du détonateur.
Aucun raté sur 20 essais
(cols moyens 5,2 - 5,4 - 5,7 mm).

V. **Mèche ordinaire coupée en sifflet** (sertissage à trois cols)

Sifflet à 30°.
Trois ratés sur 20 essais
pour diam. mèche 4,8 mm et cols :
5,2 - 5,4 - 5,7 mm

La figure 10 montre les trois ratés côte à côte.

VI. **Mèche ordinaire coupée en sifflet** (pinçage ordinaire)

Sifflet à 30°.
Aucun raté sur 20 essais.

Les résultats sous IV indiquent à nouveau qu'un assemblage sans espace mort pourrait éviter toute probabilité de raté (cf. Ia).

Ceux sous V et VI confirment que le rôle néfaste de l'espace mort dépend de l'étanchéité du sertissage : la probabilité de raté vaut 0,30 en cas d'étanchéité parfaite (cf. IIb), 0,15 pour une étanchéité moins poussée (cf. V) et 0 si l'assemblage est inétanche (cf. VI).

D'une façon générale, on retient que l'étanchéité aux gaz de l'ensemble détonateur-mèche détermine la fréquence des ratés dès qu'un coussin d'air (espace mort) existe entre la poudre de la mèche et l'explosif du détonateur.

CONCLUSIONS PRATIQUES

Le parallèle qu'on est maintenant en mesure d'établir entre l'expérience industrielle et nos résultats de laboratoire, conduit aux conclusions suivantes, a priori assez surprenantes :

III. **Recht doorgesneden, zware lont** (klemming met één kraag)

a) *Zo geklemd dat een luchtkussen ontstaat van 1 mm.*
Op 20 proeven geen enkele mislukking.

b) *Zo geklemd dat een luchtkussen ontstaat van 2 mm.*
Op 20 proeven één mislukking
met een lontdoormeter van 5,6 mm en een kraag van 5,7 mm.

Vergelijkt men I met III dan ziet men dat de frekwentie van de mislukkingen afneemt wanneer de klemming minder dicht is.

IV. **Recht doorgesneden, gewone lont** (klemming met drie kragen)

Zo geklemd dat kontakt ontstaat met de springstof van de ontsteker.
Op 20 proeven geen enkele mislukking
(kragen gemiddeld 5,2 - 5,4 - 5,7 mm).

V. **Schuin gesneden, gewone lont** (klemming met drie kragen)

Hoek van 30°.
Op 20 proeven drie mislukkingen
met een lontdoormeter van 4,8 mm en kragen van :
5,2 - 5,4 - 5,7 mm.

VI. **Schuin gesneden, gewone lont** (gewone klemming)

Hoek van 30°.
Op 20 proeven geen enkele mislukking.

De resultaten onder IV duiden opnieuw aan dat een verbinding zonder dode ruimte van aard is om elke waarschijnlijkheid van mislukking op te ruimen (vgl. Ia).

De resultaten onder V en VI bevestigen dat de ongunstige invloed van de dode ruimte afhangt van de dichtheid der inklemming : de waarschijnlijkheid van een mislukking beloopt 0,30 bij volkomen dichtheid (vgl. IIb), 0,15 voor een minder verzorgde dichtheid (vgl. V) en 0 zo de verbinding ondicht is (vgl. VI).

In het algemeen kan men zeggen dat de gasdichtheid van het geheel ontsteker-lont bepalend is voor de frekwentie van de mislukkingen zodra een luchtkussen (dode ruimte) bestaat tussen de lont en de springstof van de ontsteker.

PRAKTISCHE BESLUITEN

We kunnen nu een vergelijking maken tussen de ondervinding in de industrie en onze laboratoriumproeven en die leidt tot de volgende besluiten die op het eerste gezicht ongewoon zijn.

1°) Un sertissage inétanche à l'eau, donc susceptible de constituer une cause banale de raté, garantit par temps sec un fonctionnement correct, même si un coussin d'air consécutif à un assemblage peu soigné existe entre le canal de poudre de la mèche et l'explosif du détonateur.

2°) Un sertissage réalisé pour constituer un ensemble hermétique peut faire apparaître une cause peu prévisible de raté lorsqu'un coussin d'air sépare la poudre de l'explosif sensible, la probabilité de raté variant en fonction de l'importance du coussin et pouvant atteindre 0,35.

Où se situe, au point de vue de l'étanchéité, l'assemblage que pratique depuis 1970, sans plus avoir de raté, la carrière de pierre porphyrique dont question au préambule ?

Si on sertit à trois cols vingt détonateurs sur brins de mèche de 4,8 mm de diamètre, en réglant à 5,5 mm la plus petite dimension du col le plus serré, on obtient des assemblages suffisamment étanches pour travailler sous la pluie, mais qui ne résistent pas à l'immersion pendant une heure sous 30 cm d'eau (sur 20 essais, vingt ratés dus à l'imbibition par l'eau de la poudre noire et de l'explosif à l'intérieur du détonateur).

Ce n'est donc pas encore la solution idéale à même d'assurer l'étanchéité totale sans risque de raté, comme cela semble cependant possible s'il n'y a aucun espace mort.

Nous avons l'intention d'exploiter cette possibilité afin de mettre au point un procédé pratique capable de procurer simultanément les deux avantages de façon complète.

En attendant, pour l'emploi de la sertisseuse à main, nous recommandons d'observer la règle ci-après : limiter la plus petite dimension des cols de sertissage à la valeur obtenue en ajoutant, au diamètre de la mèche utilisée, deux fois l'épaisseur du tube du détonateur (exemple : 4,8 + 0,8 = 5,6 mm).

On obtient ainsi un bon assemblage mécanique (la mèche glisse à frottement demi-dur dans le tube serti) et une étanchéité suffisante pour travailler sous la pluie (mais non pour charger des trous noyés).

PROCESSUS DU RATE PEU PREVISIBLE

L'effet de surpression à l'intérieur du détonateur serti sur mèche de façon étanche est capable de provoquer des ratés en influençant, soit le pouvoir allumant de la mèche, soit la réceptivité

1°) Zo de verbinding niet waterdicht is, dus van aard is om één van de gewone oorzaken van mislukking te worden, geeft ze integendeel bij droog weder een zeer goede werking, zelfs zo er wegens zorgeloos werk een luchtkussen bestaat tussen het poederkanaal van de lont en de springstof van de ontsteker.

2°) Een klemming die gemaakt is om een hermetisch geheel te bekomen, kan een ongewone oorzaak van mislukking worden wanneer een luchtkussen zich bevindt tussen het poeder en de gevoelige springstof; de waarschijnlijkheid van de mislukking schommelt naargelang van de omvang van het luchtkussen en kan 0,35 bereiken.

Waar ligt nu, inzake dichtheid, de verbinding die bedoelde porfiergroeve sedert 1970 uitvoert zonder nog één mislukking te hebben ?

Zo men twintig ontstekers met drie kragen klemt op een lont van 4,8 mm, en men regelt op 5,5 mm de kleinste afmeting van de meest geklemde kraag, bekomt men verbindingen die dicht genoeg zijn om te werken in de regen doch die niet weerstaan aan onderdompeling gedurende één uur onder 30 cm water (op 20 proeven, 20 mislukkingen te wijten aan het nat worden van het zwarte poeder en van de springstof binnen in de ontsteker).

Dit is dus nog de ideale oplossing niet om een volledige dichtheid te bekomen zonder gevaar voor mislukking, zoals nochtans mogelijk schijnt te zijn zo er niet de minste ledige ruimte is.

Het is onze bedoeling die mogelijkheid verder aan te wenden en een praktisch procédé uit te werken om beide voordelen tegelijkertijd en vo ledig te bekomen.

Inmiddels raden we voor het gebruik van het handklemapparaat volgende regel aan : de kleinste afmeting van de klemkraag beperken tot de waarde die men bekomt als men bij de doormeter van de gebruikte lont twee keer de dikte van de buis van de ontsteker voegt (voorbeeld : 4,8 + 0,8 = 5,6 mm).

Op die manier bekomt men een goede mechanische verbinding (de lont glijdt met half-zachte klemming door de toegenepen buis) en een dichtheid die volstaat voor het werk in de regen (echter niet voor laden in ondergelopen mijngaten).

PROCESSUS VAN DE MOEILIJK TE VOORZIENE MISLUKKING

De overdruk binnen in een ontsteker die op dichte wijze op een lont geklemd is, kan mislukkingen veroorzaken door ofwel het ontstekend vermogen van de lont ofwel de ontvankelijkheid

de l'explosif sensible du détonateur, soit ces deux facteurs à la fois.

Examinons d'abord les pièces à conviction constituées par les 18 ratés obtenus en laboratoire (fig. 8, 9 et 10), ainsi que 3 ratés datant de mai 1970 et provenant de la carrière (fig. 11).

van de gevoelige springstof van de ontsteker ofwel beide te beïnvloeden.

We onderzoeken vooreerst de overtuigingsstukken, overgebleven van de 18 in het laboratorium verkregen mislukkingen (fig. 8, 9 en 10) alsook van 3 mislukkingen daterend van mei 1970 en ons geleverd door de groeve (fig. 11).

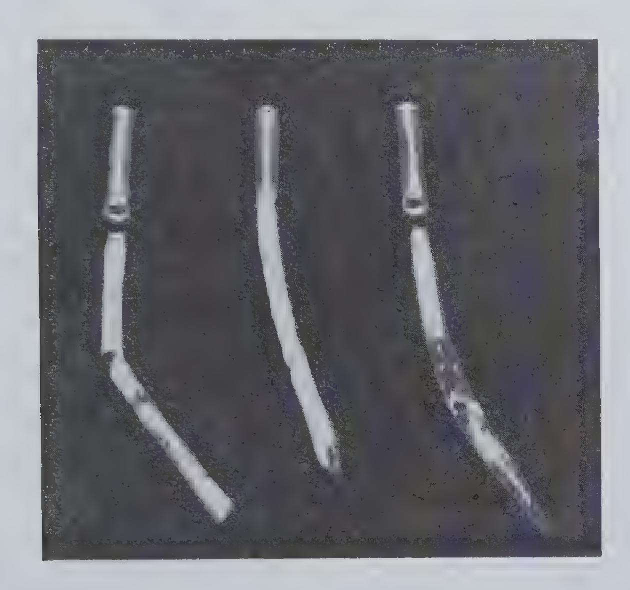


Fig. 11.

Examen des mèches

La mèche utilisée en laboratoire à la structure adoptée depuis la mi-juillet 1970 : âme comportant 5,5 à 6 g/m de poudre noire finement grenée, emprisonnant trois fins fils de coton (dont le fil de marque rouge distinctif de PRB) et ayant un diamètre de 2 à 2,5 mm, puis premier lit de textile constitué de dix fils de jute n° 3 (fils gros) enroulés en hélice lévogire, puis second lit de huit fils de jute n° 7 (fils moyens) en hélice dextrogire pour porter le diamètre à 4,1 mm, enfin couche de bitume et p.v.c. extrudé autour de la mèche pour la gainer de façon étanche (diamètre final 4,8 à 4,9 mm).

Nous avons démonté les 21 ratés et incisé les mèches pour en examiner l'âme : dans tous les cas, il y avait eu combustion de la mèche sur toute la longueur du brin, la poudre avait brûlé de bout en bout en détruisant les fins fils d'âme et ses résidus solides ne contenaient plus de grains combustibles.

On aurait donc tort de s'imaginer que l'étranglement de la mèche à hauteur d'un sertissage très serré pourrait empêcher la propagation du feu à l'intérieur de la mèche.

Pour les mèches utilisées en laboratoire, l'ex-

Onderzoek van de lonten

De lont die in het laboratorium gebruikt werd, had de struktuur die sedert half juli 1970 werd aangewend : een kern van 5,5 tot 6 g/m fijnkorrelig zwart poeder rond drie fijne katoendraden (waarvan een rood is, het merkteken van PRB) en met een doormeter van 2 tot 2,5 mm, dan een eerste laag textiel bestaande uit twee jutedraden nr. 3 (dikke draden) gewonden in linkse spiraal, dan een tweede laag van acht jutedraden nr. 7 (middelmatige draden), rechts gewonden, waardoor de doormeter gebracht wordt op 4,1 mm; tenslotte een laag bitumen en p.v.c. die rond de lont wordt uitgeperst zodat een dichte huls ontstaat (einddoormeter 4,8 tot 4,9 mm).

We hebben de 21 mislukkingen uiteengehaald en de lont opengesneden om de kern ervan te onderzoeken : in elk van de gevallen was de lont verbrand over heel de lengte van het eind; het poeder had gebrand van het éne uiteinde tot het andere en het vaste overblijfsel ervan bevatte geen onverbrande korrels meer.

Het is dus verkeerd te denken dat, wanneer een lont sterk geklemd wordt ter hoogte van een inklemming, het dichtknijpen een hinder zou vormen voor de voortplanting van het vuur in het binnenste van de lont.

Bij de in het laboratorium gebruikte lonten

trémité sertie était, soit coupée droite (cf. I), soit en sifflet à 45° ou à 30° (cf. II et V).

En ce qui concerne les mèches extraites des ratés obtenus en carrière, nous avons observé :

— deux extrémités coupées légèrement en biais;
— une extrémité en sifflet à environ 45°.

Examen des détonateurs

Lorsqu'après démontage du raté, on regarde à l'intérieur du détonateur, on constate que l'azoture de plomb visible par l'orifice de l'opercule (environ 3 mm de diamètre) a une teinte plus foncée que dans un détonateur neuf.

A la loupe, on voit que les grains d'azoture sont recouverts d'un dépôt carboné plus ou moins important.

Pour les ratés de la figure 8 (mèche grosse coupée droite - cf. I), l'azoture est brun clair et l'intérieur du tube est propre.

Pour les ratés de la figure 9 (mèche grosse coupée en sifflet - cf. II), l'azoture est très foncé et il y a en plus des dépôts carbonés sur certaines plages du pourtour de l'opercule.

Pour les ratés de la figure 10 (mèche ordinaire coupée en sifflet - cf. V), l'azoture a une teinte brun moyen.

Enfin, en ce qui concerne les ratés « carrière » de la figure 11, l'azoture a pris une teinte foncée, et, dans le cas du détonateur pourvu d'une mèche coupée à 45°, il y a en plus un important dépôt noir dans un secteur du pourtour de l'opercule.

Nous avons muni les 21 détonateurs récupérés de nouvelles mèches coupées sans soin particulier, et avons serti à la pince ordinaire. Nous avons observé 21 fonctionnements.

Réflexions

Dans sa publication précitée [1], le Dr Sinabell signale que le dard d'une mèche est toujours orienté perpendiculairement au plan de coupe du brin.

Les fabricants de mèche recommandent toujours de couper celle-ci bien droite.

On ne peut qu'approuver cette recommandation, car la poudre tient mieux en place si la mèche est coupée perpendiculairement à son axe.

Mais nous ne croyons pas que le fait de couper en sifflet, d'ailleurs inévitable dans une certaine mesure en pratique courante, soit une cause sérieuse de raté de détonateur (cf. VI ci-avant).

was het ingeklemde uiteinde ofwel recht afgesneden (vgl. I) ofwel schuin onder 45° of 30° (vgl. II en V).

Wat de lonten betreft, die voortkwamen van de mislukkingen in de groeve hebben we het volgende waargenomen :

— twee uiteinden licht schuin afgesneden;
— één uiteinde schuin gesneden, onder ongeveer 45°.

Onderzoek van de ontstekers

Als men een mislukte ontsteking uiteenhaalt en in het inwendige van de ontsteker kijkt, ziet men dat het loodnitride dat zichtbaar is langs de opening (zowat 3 mm doormeter) donkerder gekleurd is dan bij een nieuwe ontsteker.

Met het vergrootglas ziet men dat de korrels van het loodnitride bedekt zijn met een min of meer dikke laag van een koolstofachtige neerslag.

Voor de mislukkingen van figuur 8 (recht doorgesneden, zware lont - vgl. I) is het nitride lichtbruin en het inwendige van de buis zuiver.

Voor de mislukkingen van figuur 9 (schuingesneden, zware lont - vgl. II) is het nitride zeer donker en is er meer koolneerslag op bepaalde delen van de omtrek rond de opening.

Voor de mislukkingen van figuur 10 (schuin gesneden, gewone lont - vgl. V) was het nitride gemiddeld bruin.

Wat tenslotte de mislukkingen van de groeve betreft, die weergegeven worden in figuur 11, had het nitride een donkere kleur en bovendien was er voor de op 45° gesneden lont een belangrijke afzetting van kool in een sektor van de omtrek der opening.

We hebben de 21 gerekupereerde ontstekers voorzien van nieuwe lonten die werden gesneden zonder daarop speciaal te letten, en de inklemming verricht met de gewone tang. In 21 gevallen bekwamen we een goede werking.

Bedenkingen

In zijn voormelde publikatie meldt Dr. Sinabell [1] dat de steekvlam van een lont altijd loodrecht staat op het vlak waarin de lont is doorgesneden.

De lontfabrikanten raden altijd aan de lont goed loodrecht te snijden.

Men kan deze aanbeveling alleen maar steunen; het poeder blijft immers beter op zijn plaats wanneer de lont loodrecht op haar as wordt doorgesneden.

We geloven echter niet dat het feit van een lont schuin af te snijden, iets wat ten andere in de praktijk min of meer onvermijdelijk is, een ernstige oorzaak van mislukkingen van de ontsteking kan zijn (vgl. VI hiervoor).

Si une mèche crache un dard enflammé lorsqu'elle finit de brûler, c'est manifestement parce que l'âme en combustion est le siège d'une surpression; si l'extrémité débouche dans une enceinte où règne déjà une contre-pression, il n'est pas impossible que le feu ne sorte pas ou sorte mal, de sorte que la portée de la flamme et des débris qu'elle véhicule serait diminuée : on pourrait concevoir un mode d'essai pour visualiser le phénomène.

D'autre part, dans une communication sur la combustion, l'initiation, la détonation et l'explosion [2], le Dr Roth fait état de résultats sur la sensibilité des explosifs, publiés dans les « Transactions of the Royal Society » par Ubbelohde, Woodward et leurs collaborateurs. Nous ne pouvons mieux faire que de reproduire ce compte rendu en français :

« Ubbelohde A.R., Woodward P. et leurs collaborateurs ont étudié en détail les processus d'initiation de l'azoture de plomb. La décomposition s'amorce sous l'action de la chaleur en des points actifs à la surface des cristaux, en dégageant de l'azote en jet gazeux qui s'écoule à peu près normalement à la face cristalline, tandis que du plomb finement divisé se dépose sur le cristal en tant que second produit de décomposition. Ce plomb finement divisé agit comme germe ou catalyseur pour la suite de la décomposition, qui peut s'étendre à partir d'un tel point actif en accélérant par ramification en chaîne : mécanisme d'auto-échauffement. Les premiers jets gazeux déterminent un effet spécial, caractérisé par un « cooperative build-up » de la détonation ou déclenchement de la détonation par action concourante... Les courants gazeux se rencontrent à peu près à mi-chemin entre deux faces cristallines, y créent une pointe locale de pression qui se répercute en choc de condensation vers les deux cristaux, bute sur la zone en réaction et y détermine une montée en pression supplémentaire, d'où une accélération de la décomposition qui, jusque là, était encore à considérer comme une combustion. Cette accélération de la décomposition entraîne une augmentation de la vitesse d'écoulement des gaz, ce qui conduit à une élévation de pression à la rencontre des courants gazeux opposés s'échappant des deux cristaux. On voit aisément que, par l'effet réciproque des deux points de décomposition opposés l'un à l'autre, les courants gazeux sont renvoyés de proche en proche avec les chocs de pression qui en résultent. Finalement, un choc de pression atteint en un endroit quelconque une force suffisante pour que, brusquement, se déclenche maintenant d'elle-même la décomposition qui jusqu'ici était entretenue en une sorte de combustion par acti-

Zo de lont op het punt waar ze ophoudt te branden een steekvlam uitzendt, is het klaarblijkelijk omdat de brandende kern een overdruk bevat; zo het uiteinde uitloopt in een gesloten ruimte waarin reeds een tegendruk bestaat, is het niet uitgesloten dat het vuur niet of gebrekkig naar buiten treedt zodat de draagwijdte van de vlam en de vaste deeltjes, die ze meevoert, verminderd wordt : men zou een beproevingsmetode kunnen uitdenken waarbij dit alles zichtbaar wordt voorgesteld.

Anderzijds geeft Dr. Roth in een geschrift over verbranding, ontvlamming, ontsteking en ontploffing[2] mededeling van de resultaten over de gevoeligheid van springstoffen, die gepubliceerd werden in de « Transactions of the Royal Society » door Ubbelohde, Woodward en medewerkers. We kunnen niet beter doen dat dit verslag hier weer te geven in het Nederlands :

« Ubbelohde A.R., Woodward P. en hun medewerkers hebben de processus van de ontvlamming van het loodnitride in detail bestudeerd. De ontbinding begint onder invloed van de warmte van enkele aktieve punten aan de oppervlakte van de kristallen, waarbij een gasstroom stikstof vrijkomt die een loop volgt die ongeveer loodrecht staat op het kristaloppervlak, terwijl fijnverdeeld lood als tweede element van de ontbinding op het kristal neerslaat. Dit fijn verdeelde lood werkt als kiem of katalysator voor de verdere ontbinding, die zich kan uitbreiden van uit een soortgelijk aktief punt door versnelling en vertakking in kettingreaktie : het mechanisme van zelfverwarming. De eerste gasstromen hebben een bijzonder effekt, gekenmerkt door een « koöperatieve build-up » van de ontsteking of het in gang zetten van de ontsteking door samengevoegde aktie... De gasstromen ontmoeten elkaar ongeveer halfweg tussen twee kristaloppervlakken, scheppen er een lokaal drukkingspunt dat zich omzet in een kondenserende schok gericht naar de twee kristallen, tegen de reaktiezone stuit en daar aanleiding geeft tot een bijkomende drukverhoging; dit leidt tot een versnelling van de ontbinding die tot nu toe nog kon beschouwd worden als een verbranding. Deze versnelling van de ontbinding veroorzaakt een verhoging van de snelheid waarmee het gas uitstroomt, hetgeen een verhoging van de druk geeft op het ontmoetingspunt van de gasstromen die de kristallen verlaten. Men ziet gemakkelijk dat de gasstromen, door de wederzijdse invloed van de twee tegenover elkaar opgestelde ontbindingspunten heen en weer worden gestoten met de schokken die daaruit volgen. Uiteindelijk bereikt een drukstoot in een bepaald punt een kracht die voldoende is opdat de ontbinding nu vanzelf zou in gang gaan, ontbinding die tot nu toe onderhouden werd zoals

vation thermique et diffusion. La décomposition est dès lors entraînée par le choc de condensation, ce qui revient à dire que la détonation est ainsi engendrée...

» La théorie du surgissement brusque de la détonation par interaction de plusieurs cristaux fut établie par les auteurs précités, qui avaient étudié l'azoture de plomb placé dans différents fluides. Il fut constaté que l'azoture de plomb n'arrive à détoner que si les cristaux sont entourés de gaz ou de vapeur. Ce sel ne peut pour le surplus que déflagrer à la suite d'un autoéchauffement, même en se trouvant dans des conditions qui, pour le surplus, sont favorables à sa détonation, lorsqu'il est imbibé d'un liquide à haut point d'ébullition tel que le tricrésylphosphate. Ce liquide emplit les fissures, freine les courants gazeux et empêche ainsi les actions concourantes décrites ci-avant. Un effet analogue au remplissage des fissures par un liquide à haut point d'ébullition doit être attendu de la soudure des cristaux entre eux par fort pressage susceptible de diminuer, voire d'exclure, les possibilités d'interaction au sein d'un volume donné. Grâce à cette façon de voir, on peut comprendre le pressage à mort bien connu des propriétés initiantes du fulminate de mercure par des pressions supérieures à 700 kg/cm^2. La combustion d'un comprimé aussi compact ne peut plus évoluer vers la détonation, mais une très petite quantité d'azoture de plomb a le pouvoir d'initier la détonation d'un tel comprimé de fulminate de mercure... On a également déjà observé que des substances explosives cristallines (n.d.l.r. : autres que les initiants) aisément inflammables lorsqu'il s'agit de comprimés peu compacts de poudres fines, deviennent très difficiles à enflammer sous la forme de comprimés très denses : pressage à mort contre l'allumage. Ces diverses espèces de pressage à mort résultent toutes, sans exception, de la forte diminution, par colmatage sous pression, des surfaces libres internes en tant que plans d'attaque... ».

Pour que l'azoture de plomb réagisse en déclenchant la détonation, on voit combien est importante la possibilité de dégagement de jets d'azote à partir de la surface des grains d'explosif initiant.

Une pression gazeuse s'exerçant sur les grains au moment où la flamme va les solliciter, pourrait peut-être bien exercer le freinage produit à pression atmosphérique par certains liquides, comme Ubbelohde et ses collaborateurs l'ont constaté.

En définitive, les ratés observés chez nous

een soort van verbranding door termische aktivatie en diffusie. Van dan af wordt de ontbinding veroorzaakt door de kondenserende stoot, hetgeen hierop neerkomt, dat de onsteking is tot stand gekomen.

» De teorie van het bruusk optreden van de ontsteking door tussenwerkingen tussen verschillende kristallen werd opgezet door de andere vermelde auteurs, die het loodnitride hebben bestudeerd in aanwezigheid van verschillende fluïdums. Men stelde vast dat loodnitride slechts kan ontploffen wanneer de kristallen omgeven zijn met gas of stoom. Overigens kan dit zout enkel door zelfverwarming ontploffen, zelfs in omstandigheden die in elk ander opzicht gunstig zijn voor een ontsteking, zo het doordrenkt is met een vloeistof met hoog kookpunt, zoals het tricresylfosfaat. Deze vloeistof vult de spleten, remt de gasstromingen en verhindert dus de hoger beschreven wederzijdse beïnvloeding. Een resultaat dat kan vergeleken worden met het vullen van de spleten met een vloeistof met hoog kookpunt, kan worden verwacht zo men de kristallen aan elkaar last onder hoge druk, hetgeen de mogelijkheden van een onderlinge aktie kan verminderen of zelfs uitsluiten. Deze zienswijze levert een verklaring voor het gekende « dooddrukken » van de ontstekingseigenschappen van knalkwik onder een druk van meer dan 700 kg/cm^2. De verbranding van een zo sterk samengedrukte massa kan niet meer in een ontploffing overslaan, doch een kleine hoeveelheid loodnitride heeft het vermogen om de ontploffing van dergelijk samengedrukt knalkwik te veroorzaken... Men heeft eveneens reeds opgemerkt dat kristallijne ontplofbare stoffen (n.v.d.r. : andere dan stoffen die de ontsteking inzetten), die gemakkelijk ontvlambaar zijn wanneer het gaat om weinig samengedrukt fijn poeder, zeer moeilijk ontvlambaar worden als ze erg samengedrukt zijn : het dooddrukken tegen de ontsteking. Deze verschillende soorten van dooddrukken komen alle zonder uitzondering voort uit de sterke vermindering van de inwendige vrije oppervlakken, als aantastingsvlakken, door het samenkitten onder druk... ».

Wil men dat het loodnitride reageert door de ontploffing te veroorzaken, dan is het zoals men ziet uiterst belangrijk dat de stikstofstraal zich kan vrijmaken uit de oppervlakte van de korrels der ontstekende stof.

Een gasdruk die de korrels aantast op het ogenblik dat ze door de vlam gaan bereikt worden, zou misschien de remming kunnen veroorzaken die op atmosferische druk wordt teweeggebracht door sommige vloeistoffen, zoals Ubbelohde en medewerkers vastgesteld hebben.

We besluiten als volgt : de mislukkingen die

pourraient être imputables à l'effet cumulé d'une flamme moins vive et d'une sensibilité diminuée, en raison de la surpression qui naît dans l'espace mort inévitable entre mèche et explosif du détonateur; la grandeur de cet espace pourrait alors être déterminante, comme constaté au cours des essais. L'effet néfaste ne serait aussi que passager, c'est-à-dire que les détonateurs n'auraient pas perdu leurs propriétés normales, comme cela a également été observé.

Il nous paraît que la connaissance détaillée du processus des ratés serait utile pour trouver le remède le plus adéquat, c'est-à-dire pour associer un assemblage parfaitement étanche à l'eau et une probabilité de raté pratiquement nulle.

REMARQUE

Nous profitons de l'occasion pour attirer l'attention des carriers sur l'article 26 de l'arrêté royal du 4 août 1959 réglementant l'emploi des explosifs dans les exploitations des minières et carrières :

« Art. 26 — Lorsque, au cours de tirs ou de manipulations d'explosifs ou d'artifices d'amorçage, il se présente des incidents extraordinaires, paraissant devoir être attribués à un défaut ou à une irrégularité dans la fabrication ou la conservation de ces produits, l'exploitant signale immédiatement ces incidents au Service des explosifs de l'Administration des mines, à Bruxelles.

» Les exploitants consignent le restant des explosifs ou des artifices d'amorçage semblables à ceux qui ont donné lieu à l'incident, jusqu'à ce que le chef du Service des explosifs leur permette d'en disposer ».

Nous espérons, au terme de notre exposé de ce jour, avoir démontré le bien-fondé de cette prescription.

we bij ons gezien hebben, worden misschien veroorzaakt door het dubbele effekt van een minder hevige vlam en een lagere gevoeligheid wegens de overdruk die ontstaat in de niet te vermijden dode ruimte tussen de lont en de springstof van de ontsteker; de grootte van deze ruimte zou dan het determinerende element kunnen zijn zoals we tijdens onze proeven hebben vastgesteld. Het verkeerde effekt zou ook voorbijgaand zijn, dit wil zeggen dat de ontstekers hun normale eigenschappen niet verliezen, hetgeen we eveneens hebben vastgesteld.

Het komt ons voor dat een uitgebreide kennis van de processus der mislukkingen nuttig zou zijn voor het opsporen van de juiste remedie, dit wil zeggen voor het verwezenlijken, tegelijkertijd, van een goede dichtheid tegen water en een kans op mislukking die praktisch nul is.

OPMERKING

We maken van de gelegenheid gebruik om de groefontginners te wijzen op artikel 26 van het koninklijk besluit van 4 augustus 1959 tot reglementering van het gebruik van springstoffen in graverijen en groeven :

« Art. 26. — Wanneer zich tijdens het springwerk of bij het behandelen van springstoffen of aanzetmiddelen buitengewone voorvallen voordoen, die aan een gebrekkige of onregelmatige vervaardiging of bewaring van deze produkten schijnen te wijten te zijn, maakt het bedrijfshoofd deze voorvallen onmiddellijk kenbaar aan de Dienst der Springstoffen, te Brussel.

» De overschietende springstoffen en aanzetmiddelen van dezelfde aard als deze welke tot het voorval aanleiding hebben gegeven, worden door de bedrijfshoofden bewaard tot wanneer het hoofd van de Dienst der Springstoffen hun erover laat beschikken ».

We hopen met de uiteenzetting die we hier beëindigen, te hebben aangetoond dat dit voorschrift alle reden van bestaan heeft.

BIBLIOGRAPHIE — BIBLIOGRAFIE

(1) Sinabell J. : « Neues Untersuchungsverfahren für Schwarzpulverzündschnüre zur Klärung von Sprengkapselversagern », **Nobel Hefte** 27 (1961), p. 123.

(2) Roth J.F. : « Verbrennung, Initiierung, Detonation und Explosion », **Nobel Hefte** 20 (1954), p. 29.

NOTE.

Les essais de laboratoire cités ont été réalisés à l'INIEX-Pâturages, par le groupe « explosifs » dont nous avons eu l'honneur d'assurer la conduite en 1972.

NOTA.

De vermelde laboratoriumproeven werden uitgevoerd op de NIEB-afdeling van Pâturages door de groep « springstoffen » die we in 1972 mochten leiden.

Etat actuel des techniques de boulonnage et de consolidation des roches

Technieken voor de verankering en de versteviging van gesteente : huidige stand van zaken

Henri van DUYSE *

RESUME

Le boulonnage des roches dans les mines de charbon a pris une nouvelle extension, grâce à un ancrage réparti des boulons et grâce à l'utilisation d'un garnissage par treillis métallique.

Le texte décrit divers types de boulons à ancrage ponctuel et à ancrage réparti.

Les carrières commencent à utiliser le boulonnage pour garantir les parois rocheuses contre tout danger d'éboulement. Le boulonnage peut aussi épingler quelques blocs de roches peu stables à un massif plus ferme.

Le texte donne deux exemples d'application du boulonnage dans deux carrières belges : Cimescaut à Antoing et Lhoist à Jemelle.

INHALTSANGABE

Die Verankerung von Felsengesteinen in den Kohlengruben hat neuen Auftrieb bekommen, und zwar durch die verteilte Verankerung von Bolzen und die Verwendung eines Baustahlgewebes.

Der Bericht handelt von verschiedenen Bolzentypen im Punkt- bzw. im Netzsystem.

In den Steinbrüchen setzt sich die Bolzenverankerung allmählig durch, um die Felsenwände

* Chef de Section de Recherches à l'INIEX, rue du Chéra - B 4000 Liège.

SAMENVATTING

Mede dank zij het doorlopend verankeren van bouten en door als bekledingsmaterieel een metalen draadnet te gebruiken heeft het verankeren van gesteente in de steenkolenmijnen een nieuwe vlucht genomen.

In dit artikel worden verschillende types van bouten met puntverankering en met doorlopende verankering beschreven.

De groeven beginnen van de verankering gebruik te maken om rotswanden tegen elk instortingsgevaar te vrijwaren. Ook kunnen enkele niet zo vast liggende gesteenteblokken tegen een steviger massief vastgeankerd worden.

Twee voorbeelden van verankering in twee Belgische groeven komen ter sprake in deze tekst : Cimescaut in Antoing en Lhoist in Jemelle.

SUMMARY

Strata bolting in coal mines has made fresh strides, thanks to a distributed anchorage of the bolts and the use of a wire netting lining.

The text describes various types of bolts with pin-point anchorage and distributed anchorage.

The quarries are beginning to use bolting to protect the rocky walls against any danger of rock

* Hoofd van de Afdeling Opzoekingen van het NIEB, rue du Chéra - B 4000 Luik.

vor der Einsturzgefahr zu bewahren. Durch Bolzenverankerung können auch einige wenig stabile Felsblöcke mit einer festeren Felsmasse verbunden werden.

In diesem Bericht werden zwei Verankerungsbeispiele in zwei belgischen Steinbrüchen angeführt : im Steinbruch Cimescaut zu Antoing und Lhoist in Jemelle.

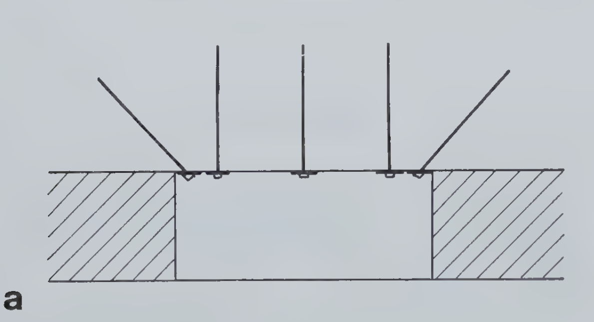
falls. The bolting may also be used to pin some blocks of unstable rocks to a firmer rock mass.

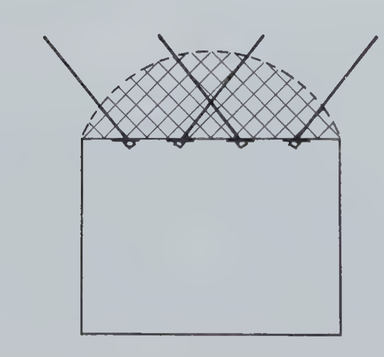
The text gives two examples of the application of bolting in two Belgian quarries : Cimescaut at Antoing and Lhoist at Jemelle.

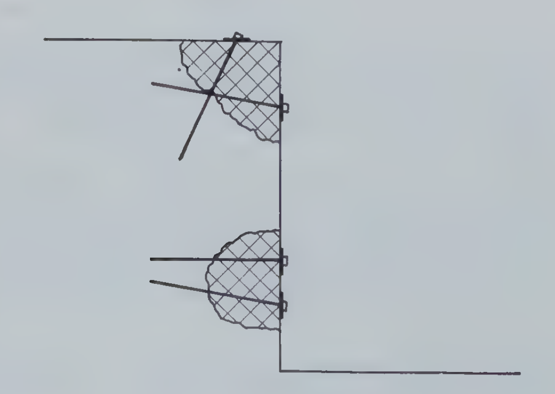
On entend beaucoup parler actuellement de boulonnage tant dans les mines que dans les carrières et dans les travaux du génie civil. La figure 1 en montre quelques exemples.

Le boulonnage consiste à solidariser entre eux divers bancs de roches juxtaposés, à épingler des blocs isolés, à relier des bancs peu stables à un massif plus ferme.

Le premier cas montre un exemple de boulonnage de galeries souterraines. Il existe actuelle-







Tegenwoordig wordt er veel gesproken over verankering en dit zowel in mijnen en groeven als bij werkzaamheden van de burgerlijke bouwkunde. Op figuur 1 staan daar enkele voorbeelden van.

Verankeren met bouten wil zeggen : verschillende naast elkaar liggende gesteentebanken aaneenvoegen, losse blokken vastprikken of niet zo vast liggende banken verbinden met een steviger massief.

Het eerste geval toont hoe ondergrondse galerijen worden verankerd. Thans bestaan er zeer veel galerijen met verankering als enige ondersteuning, ook in galerijen die op een diepte van meer dan 1000 m werden gedreven.

De twee andere tekeningen tonen gevallen waarbij oordeelkundig geplaatste bouten dikke, losse blokken kunnen vastankeren aan steviger gesteente en zo kunnen voorkomen dat ze vallen.

Doordat vooraf een drukspanning wordt opgewekt, kan de verankering anderzijds voorkomen dat een net van spleten ontstaat of dit verschijnsel vertragen.

Figuur 2 slaat op het algemene geval van de verankering van een bundel al dan niet verschillend samengestelde banken die door gelaagdheidsvlakken van elkaar worden gescheiden. In dit geval gedraagt zich elke dakbank als een ingeklemde balk. Zodra de tangentiële spanning op het onderste vlak van de eerste bank de trek-

FIg. 1.

a) Boulonnage d'une voie de chantier de forme trapézoïdale dans une exploitation minière.
b) Disposition judicieuse des boulons pour éviter la chute du bloc de roche formant la voûte d'une galerie, grâce à de longs boulons pénétrant dans les terrains non détendus.
c) Epinglage de blocs de roches susceptibles de se détacher d'un flanc de coteau.

a) Verankering van een trapeziumvormige wingalerij in een steenkolenmijn.
b) Oordeelkundige plaatsing van de bouten om de val te voorkomen van een blok gesteente dat het gewelf van een galerij vormt, dank zij lange bouten die in niet-ontspannen gesteente dringen.
c) Vastprikken van gesteenteblokken die zich van een heuvelflank zouden kunnen losmaken.

ment de très nombreuses galeries dans lesquelles le boulonnage constitue le seul soutènement, même dans les voies creusées à plus de 1000 m de profondeur.

Les deux autres dessins montrent des cas où des boulons judicieusement placés peuvent épingler de gros blocs isolés à une roche plus ferme et éviter ainsi leur chute.

D'autre part, grâce à la précontraite de compression exercée, le boulonnage peut éviter ou retarder la naissance d'un réseau de fissures.

La figure 2 concerne le cas général du boulonnage d'un empilement de bancs de nature différente ou non, séparés par des joints de stratification. Dans ce cas, chaque banc du toit se comporte comme une poutre encastrée. Dès que les contraintes tangentielles développées sur la face inférieure du premier banc dépassent la résistance à la traction de cette roche, il se produira une flexion ou une rupture de ce banc.

Or, cette contrainte limite est proportionnelle à l'épaisseur du banc.

Si par contre, tous les bancs sont solidarisés par des boulons, la pression de serrage exercée par ceux-ci empêche le glissement relatif d'un banc par rapport au suivant et l'ensemble se comporte comme un banc unique d'une épaisseur égale à la longueur des boulons.

D'autre part, si les bancs de roche supérieurs sont solides et résistants mais que les bancs inférieurs sont tendres, il est possible de suspendre les roches tendres au banc solide au moyen d'une série de boulons bien disposés.

Il existe deux types de boulons : les boulons à ancrage ponctuel et les boulons à ancrage réparti au mortier ou à la résine.

Les boulons à ancrage ponctuel (fig. 2, gauche) sont ancrés au rocher à une extrémité de la tige par un coin ou par des coquilles, tandis qu'à l'autre extrémité, un écrou vissé sur la tige serre une plaque d'ancrage contre le terrain. Le serrage de cet écrou permet d'exercer une précontrainte de compression sur l'ensemble des bancs compris entre les deux extrémités du boulon.

Les boulons à ancrage réparti (fig. 2, droite) sont rendus solidaires de la roche sur toute leur longueur.

Cette figure 2 permet de comparer l'efficacité des boulons à ancrage ponctuel et des boulons à ancrage réparti.

Dans le cas des bancs stratifiés formant le toit des galeries de mine, le premier banc est souvent formé de schiste tendre qui se désagrège très vite, de sorte que les roches entourant le boulon se disloquent et se détachent, laissant le boulon libre à sa partie inférieure. A ce moment, les boulons à ancrage ponctuel perdent toute efficavastheid van dit gesteente overschrijdt, zal deze bank doorbuigen of breken.

Nu is die grensspanning evenredig met de dikte van de bank.

Als alle banken daarentegen d.m.v. bouten met elkaar verbonden zijn, verhindert de door deze bouten uitgeoefende aanspandruk het relatieve schuiven van de ene bank t.o.v. de andere en het geheel gedraagt zich als één enkele bank waarvan de dikte gelijk is aan de lengte van de bouten.

Zo de hoger gelegen gesteentebanken stevig en vast zijn maar de lager gelegen banken zacht, bestaat anderzijds de mogelijkheid het zachte gesteente op te hangen aan de stevige bank met een reeks goed geplaatste bouten.

Er bestaan twee types van bouten : de bouten met puntverankering en de bouten die doorlopend met mortel of hars zijn verankerd.

De bouten met puntverankering (fig. 2, links) worden aan een uiteinde van de stang in het gesteente verankerd met een wig of met dopvormige elementen terwijl aan het andere uiteinde een op de stang geschroefde moer een ankerplaat tegen het gesteente spant. Door die moer aan te spannen kunnen de banken tussen de twee uiteinden van de bout vooraf als geheel onder drukspanning worden gezet.

De bouten met doorlopende verankering (fig. 2, rechts) vormen over geheel hun lengte één geheel met het gesteente.

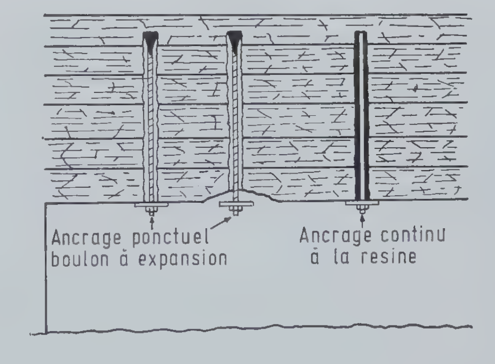


Fig. 2.

Boulonnage d'un empilement de bancs de roches formant le toit d'une galerie de mine.

à gauche : boulons à ancrage ponctuel.
à droite : boulon à ancrage continu à la résine.

Lorsque des blocs de roche se détachent du bas-toit (boulon du milieu), le boulon à ancrage ponctuel perd toute efficacité, mais il n'en est pas de même avec les boulons à ancrage continu.

Verankering van een bundel gesteentebanken die het dak van een mijngalerij vormen.

Links : bouten met puntverankering.
Rechts : bout met doorlopende harsverankering.

Als de gesteenteblokken zich van het lage dak losmaken (bout in het midden), verliest de bout met puntverankering al zijn doeltreffendheid wat niet geldt voor de bouten met doorlopende verankering.

cité, car ils ne peuvent plus comprimer les bancs de roche entre l'ancrage et la plaque de serrage.

L'introduction du boulonnage à ancrage réparti a donné un nouvel essor important à ce mode de revêtement dans les charbonnages.

Un avantage supplémentaire des boulons à ancrage réparti est dû au remplissage total du vide entre la tige et les parois du trou avec parfois même une pénétration de la résine dans les fissures éventuellement traversées.

Nous allons décrire maintenant le matériel de boulonnage utilisé actuellement en commençant par les boulons à ancrage ponctuel qui peuvent être de deux types : à coin ou à expansion.

La figure 3 de gauche montre un boulon à coin constitué d'une tige métallique fendue à une extrémité sur une certaine longueur, les deux lèvres de la fente étant peu écartées.

Après le forage préalable du trou, on pose le coin entre les deux lèvres de la fente et on introduit l'ensemble dans le trou. Lorsque le coin arrive en butée contre le fond du trou, on frappe contre l'extrémité inférieure de la tige au moyen d'un marteau piqueur. Sous l'effet de ces chocs répétés, le coin ne bougeant pas, les deux lèvres

De doeltreffendheid van de bouten met puntverankering en van de bouten met doorlopende verankering kan aan de hand van figuur 2 met elkaar vergeleken worden.

Bij gelaagde banken die het dak van mijngalerijen vormen, bestaat de onderste bank vaak uit zachte schiefer die zeer snel uiteenvalt, zodat het gesteente rond de bout loskomt en afbrokkelt waarbij de bout vrij komt bij de onderkant. De bouten met puntverankering verliezen op dat ogenblik al hun doeltreffendheid want ze kunnen de gesteentebanken niet langer samendrukken tussen de verankering en de aanspanplaat.

Doordat het zetten van bouten met doorlopende verankering werd ingevoerd, kreeg deze bekledingswijze in de steenkolenmijnen een belangrijke nieuwe impuls.

Een bijkomend voordeel van de bouten met doorlopende verankering is te danken aan de totale opvulling van de ledige ruimte tussen de stang en de wanden van het gat waarbij het hars soms zelfs doordringt in de spleten waar eventueel doorheen werd geboord.

We beschrijven nu verder het thans gebruikte verankeringsmaterieel en beginnen met de bouten met puntverankering waarin twee types worden onderscheiden : wigbouten of uitzettingsbouten.

Op figuur 3 links staat een wigbout die bestaat uit een metalen stang waarvan één uiteinde over een bepaalde lengte gespleten is en wel zo dat de twee lippen van de spleet ietwat uit elkaar staan.

Vooraf wordt een gat geboord, dan wordt de wig tussen de twee lippen van de spleet geplaatst en het geheel wordt in het gat gestoken. Als de wig de bodem van het gat raakt, klopt men met een afbouwhamer tegen het onderuiteinde van de stang. Vermits de wig niet meer kan bewegen, doen deze herhaalde schokken de twee lippen van de spleet uiteengaan die in de wanden van

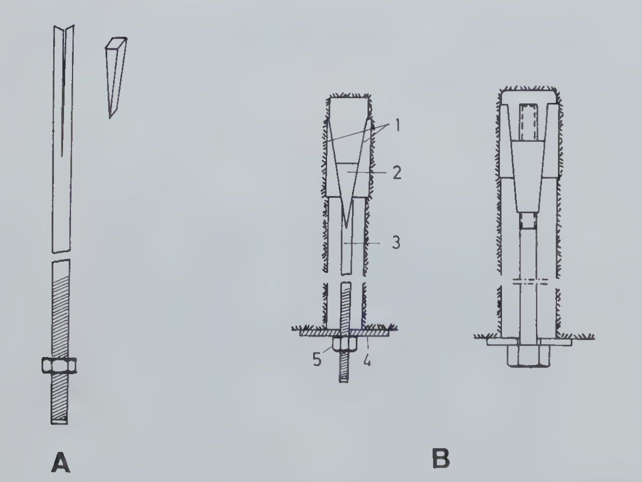


Fig. 3.

A) Boulons à fente et à coin.
B) Boulons à expansion :
1. coquille
2. noix
3. tige métallique
4. plaque d'ancrage
5. écrous
C) Boulons Perfo à injection de mortier.

A) Bouten met spleet en met wig.
B) Uitzettingsbouten :
1. dop
2. noot
3. metalen stang
4. ankerplaat
5. moer
C) Perfo-bouten met mortelinjektie.

de la fente s'écartent, attaquent en burinant les parois du trou d'ancrage puis pénètrent dans la roche.

Ces boulons sont très bon marché, mais leur efficacité dépend de la force qui a été appliquée contre la tige. Il faut forer le trou à 1 cm près. Si la roche est dure, les bords des deux lèvres ne pénètrent pas dans les parois; d'autre part, si la roche est très tendre, les lèvres pénètrent trop facilement. C'est un type de boulons pour roches mi-dures.

Les dessins de droite (fig. 3 B) montrent un boulon à expansion, dont il existe de nombreux modèles différents.

La tige est terminée par un coin appelé noix; autour de cette noix est disposée une coquille (1) en plusieurs éléments, le serrage de l'écrou (5) contre la plaque d'ancrage (4) tire le boulon et la noix vers le bas. Au cours de sa descente, la noix tend à écarter les coquilles qui s'appuient alors contre les parois du trou d'ancrage. Les coquilles sont donc tassées avec force contre la roche.

Ces boulons nécessitent le forage de trous de 38 à 50 mm de diamètre suivant le type des boulons, mais pour chaque type de boulons, le diamètre de forage doit être très précis.

Les boulons à ancrage réparti sont rendus solidaires de la roche sur toute leur longueur, soit avec du mortier, soit avec de la résine.

Parmi les nombreux types de boulon scellés au mortier, citons seulement le système Perfo (fig. 3 C). Dans ce procédé, le mortier est introduit au moyen d'un récipient cylindrique qui sera abandonné dans le trou, ce récipient est constitué de deux demi-cylindres (a) formés de tôles perforées. Ces deux demi-cylindres sont remplis de mortier, puis assemblés par des ligatures et introduits ensuite dans le trou d'ancrage.

L'introduction du boulon à l'intérieur du cylindre amène l'expulsion du mortier au travers des perforations, ce qui assure ainsi le remplissage du vide annulaire entre les parois et le boulon.

C'est vers 1958 qu'un ingénieur du Steinkohlenbergbauverein a mis au point un procédé d'ancrage des boulons au moyen de résine (fig. 4), ponctuellement d'abord puis sur toute la longueur du boulon.

Dans ce cas, on introduit dans le trou d'ancrage une ou plusieurs cartouches remplies de résine polyester et de matière inerte à l'intérieur desquelles se trouve un deuxième tube contenant un catalyseur. L'introduction de la tige de soutènement dans le trou pulvérise les enveloppes des divers tubes et provoque la polymérisation de la résine qui durcit en quelques dizaines de secondes.

het verankergat gaan en dan in het gesteente dringen.

Deze bouten zijn zeer goedkoop maar hun doeltreffendheid is afhankelijk van de kracht die op de stang wordt uitgeoefend. Het gat dient tot op één cm nauwkeurig te worden geboord. Is het gesteente hard, dan dringen de randen van de twee lippen niet in de wanden; is het gesteente zeer zacht, dan gaan ze er anderzijds te gemakkelijk in. Het betreft dus een type van bouten voor halfhard gesteente.

De tekeningen rechts (fig. 3, B) tonen een uitzettingsbout waarvan er talrijke verschillende modellen bestaan.

De stang loopt uit op een wig, noot genoemd; rond die noot zit een dop (1) die uit verscheidene elementen bestaat en het aanspannen van de moer (5) tegen de verankerplaat trekt bout en noot naar beneden. Bij het naar beneden komen tracht de noot de dopelementen uit elkaar te duwen en die steunen dan tegen de wanden van het ankergat. De dopelementen worden dus krachtig tegen het gesteente aangeduwd.

Voor deze bouten moeten gaten met 38 tot 50 mm diameter worden geboord naargelang van het type van bouten maar voor elk bouttype moet de diameter zeer nauwkeurig worden geboord.

Ofwel mortel ofwel hars zorgen ervoor dat de bouten met doorlopende verankering één geheel vormen met het gesteente en dit over geheel hun lengte.

Van de talrijke bouttypes die in mortel worden ingemetseld, vernoemen we enkel het Perfo-systeem (fig. 3, C). Bij dit procédé wordt de mortel in het gat aangebracht met een cilindrisch recipiënt dat daar wordt achtergelaten en dat bestaat uit twee halfcilinders (a) van geperforeerde plaat. Deze beide halfcilinders worden met mortel gevuld, dan met draden aan elkaar verbonden en vervolgens in het ankergat geschoven.

Door de bout in de cilinder aan te brengen wordt de mortel door de gaten naar buiten gedrukt waardoor de ringvormige ledige ruimte tussen de wanden en de bout wordt opgevuld.

Omstreeks 1958 heeft een ingenieur van het Steinkohlenbergbauverein een procédé uitgewerkt voor verankering van bouten d.m.v. hars (fig. 4), eerst voor puntverankering en daarna voor de verankering over geheel de lengte van de bout.

In dit geval worden in het ankergat een of verscheidene met polyesterhars of inerte stof gevulde patronen geplaatst en in die patronen zit een tweede buis met een katalysestof. Door de ondersteuningsbuis in het gat te steken, worden de omhulsels van de diverse buizen verbrijzeld en dit brengt de polymerizering mee van het hars dat in enkele tientallen sekonden hard wordt.

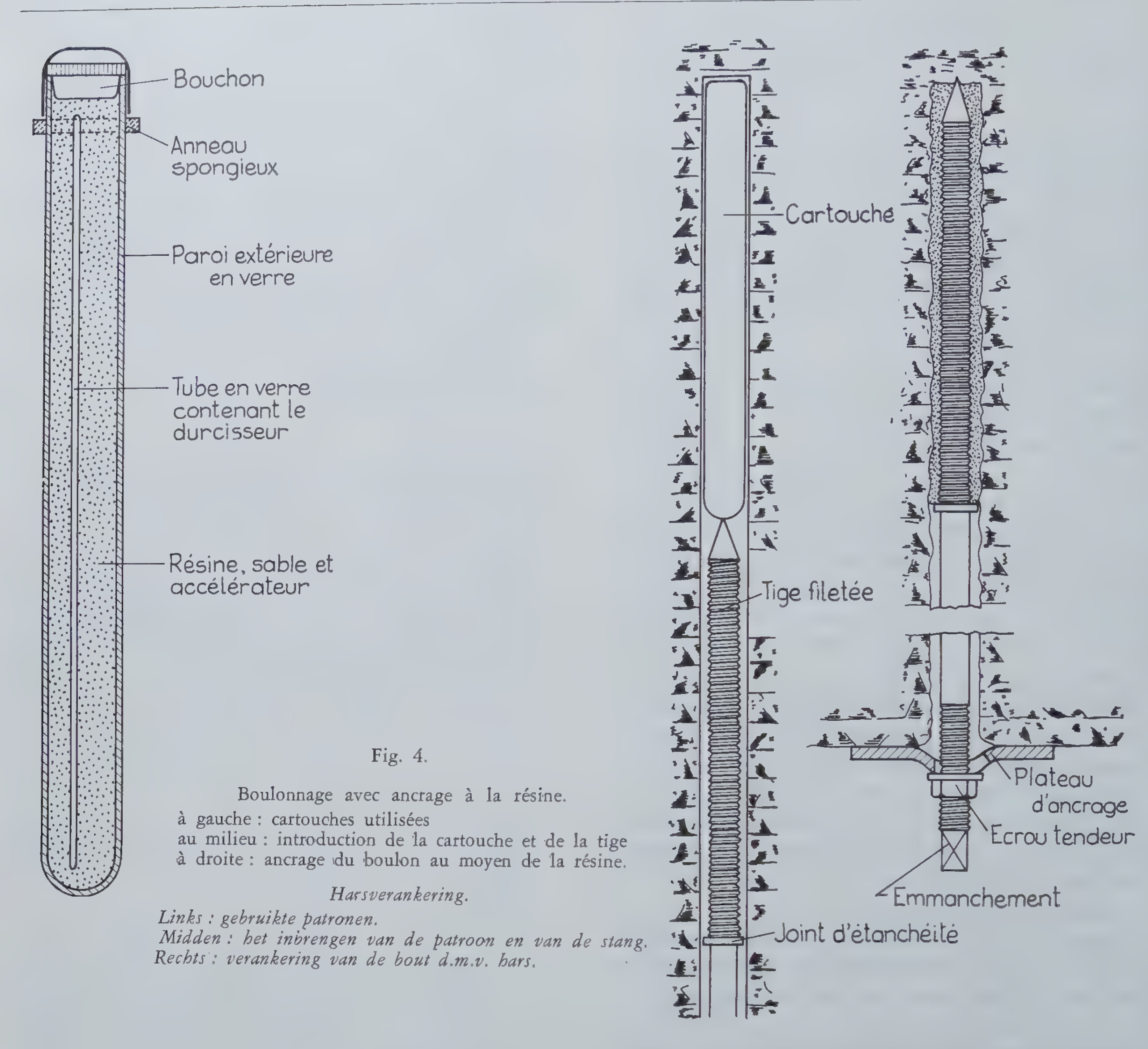


Fig. 4.

Boulonnage avec ancrage à la résine.
à gauche : cartouches utilisées
au milieu : introduction de la cartouche et de la tige
à droite : ancrage du boulon au moyen de la résine.

Harsverankering.
Links : gebruikte patronen.
Midden : het inbrengen van de patroon en van de stang.
Rechts : verankering van de bout d.m.v. hars.

En ce qui concerne le matériau utilisé comme tiges pour le boulonnage, citons l'acier mi-dur souvent, le bois, les résines.

Les tiges métalliques utilisées dans les mines ont généralement une longueur de 1,60 à 2,40 m et un diamètre allant de 16 à 24 mm. Afin d'augmenter l'adhérence entre la résine et le boulon, on emploie souvent des tiges nervurées.

On utilise actuellement des broches en bois de 30 à 36 mm de diamètre que l'on scelle au mortier ou à la résine. La résistance à la traction d'un boulon en bois exotique peut atteindre au maximum 10 t.

Depuis peu, on utilise des boulons rigides en résine polyester armée par des fibres de verre. La résistance à la traction d'un tel boulon dépasse la résistance à la traction des boulons métalliques. Par contre, la résistance au cisaillement d'un boulon en résine est plus faible que celle de l'acier. Le prix d'un boulon en résine de 1,80 m de longueur et de 20 mm de diamètre est d'environ 100 F.

Voor de verankeringsbouten wordt als materiaal gebruikt : halfhard staal, vaak hout, hars.

De in de mijnen aangewende metalen stangen zijn over het algemeen 1,60 tot 2,40 m lang met een diameter van 16 tot 24 mm. Dikwijls worden gegroefde stangen gebezigd om tussen hars en bout een betere aanhechting te krijgen.

Thans worden houten spillen met een diameter van 30 tot 36 mm gebruikt die in mortel of hars worden vastgezet. De trekvastheid van een bout uit vreemd hout kan maximaal tot 10 t gaan.

Sinds enige tijd worden starre bouten van d.m.v. glasvezel gewapend polyesterhars aangewend. De trekvastheid van een dergelijke bout is groter dan de trekvastheid van de metalen stangen. De afschuifweerstand van een harsbout is daarentegen geringer dan die van een stalen. Een bout van hars met een lengte van 1,80 m en een diameter van 20 mm kost ongeveer 100 F.

Pour certaines applications, on dispose de boulons creux permettant une injection de résine ou de mortier en profondeur dans le terrain.

Dans les mines, on veille généralement à ce que la densité des boulons soit supérieure ou égale à 1 boulon/m² (fig. 5). L'extension du boulonnage dans les charbonnages européens a été favorisée par l'utilisation d'un treillis à fil galvanisé de 3 mm de diamètre avec des mailles de 50 mm de côté.

Dans beaucoup de galeries, le treillis est déployé depuis le pied d'une paroi jusqu'au pied de la paroi opposée en passant le long du toit.

La figure 5 montre une application du boulonnage dans une voie en couche; un soutènement auxiliaire en bois a été ajouté pour renforcer le revêtement de la voie. Les voies creusées ont généralement 4 à 5 m de largeur et 2,80 m de hauteur. On place 7 boulons au toit et 2 à chaque paroi. Ce soutènement a encore été amélioré par le boulonnage de la bêle en bois placée contre le toit de la galerie. Ce soutènement a donné entière satisfaction grâce à l'utilisation, d'une part, de boulons à ancrage réparti à la résine et d'autre part, d'un treillis qui permet de reprendre tous les blocs de roches détachés du bas toit.

Voor sommige toepassingen beschikt men over holle bouten waarlangs hars of mortel in de diepte van het gesteente kan gespoten worden.

In de mijnen wordt over het algemeen erover gewaakt dat de dichtheid van de bouten groter is dan of gelijk is aan 1 bout/m² (fig. 5). De uitbreiding van de verankering in de Europese steenkolenmijnen werd begunstigd door het gebruik van een gegalvaniseerd draadnet : 3 mm diameter en mazen met 50 mm zijde.

In tal van galerijen wordt het draadnet vanaf de voet van een wand via het dak tot de voet van de tegenoverliggende wand ontplooid.

Op figuur 5 kan men zien hoe een galerij in de laag werd verankerd; de houten hulpondersteuning werd toegevoegd om de bekleding van de galerij te verstevigen. Over het algemeen zijn de gedolven galerijen 4 tot 5 m breed en 2,80 m hoog. In het dak worden 7 bouten geplaatst en in elke wand twee. Deze ondersteuning werd nog verbeterd door de verankering van de tegen het galerijdak geplaatste houten kap. Enerzijds dank zij de aanwending van bouten met doorlopende harsverankering en anderzijds door een draadnet te gebruiken waarmee alle van het laag dak losgekomen gesteenteblokken kunnen worden opgevangen, heeft deze ondersteuning volledige voldoening geschonken.

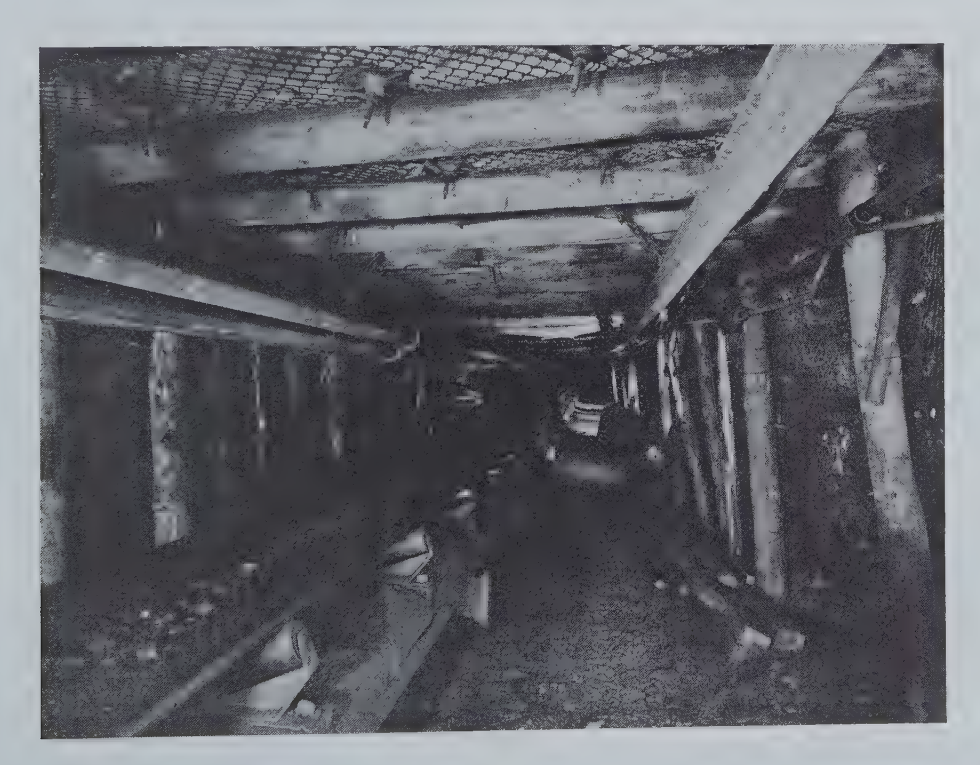


Fig. 5.

Boulonnage d'une voie de chantier au siège Beringen avec renforcement du soutènement par des bèles et des montants en bois ; un treillis métallique est déployé contre les roches et le charbon des parois et de la couronne.

Verankering van een wingalerij op de zetel Beringen met versteviging van de ondersteuning d.m.v. houten kappen en stijlen ; tegen het gesteente en tegen de steenkool van de wanden en van de kroon wordt een metalen draadnet ontplooid.

Pour avoir une idée de la répartition entre les divers types de boulons, signalons qu'une firme française (Ars-sur-Moselle) vend :

- 10 % de sa production en boulons à coin,
- 15 % de sa production en boulons à expansion,
- 75 % de sa production en boulons à ancrage à la résine.

Le tableau I indique les consommations moyennes de boulons dans diverses industries françaises.

Om een beeld te geven van het percentage bouten dat voor de verschillende types wordt gebruikt, stippen we hier aan wat een Franse firma verkoopt (Ars-Sur-Moselle) :

- 10 % van haar produktie : wigbouten,
- 15 % van haar produktie : uitzettingsbouten,
- 75 % van haar produktie : harsankerbouten.

Tabel I geeft het gemiddelde boutenverbruik in verschillende Franse nijverheden.

TABLEAU I

Consommation de boulons en France

TABEL I

Verbruik van bouten in Frankrijk

		Nombre de boulons/mois *Aantal bouten/maand*
Houillères de Steenkolenmijnen :	Lorraine	80.000 (tous à la résine) 80.000 (allemaal harsankerbouten)
	Provence	44.500 (dont 5.000 à expansion) 44.500 (waarvan 5.000 uitzettingsbouten)
	Blanzy	1.000 (résine) 1.000 (hars)
	Cévennes	3.000 (dont 1.500 à coin) 3.000 (waarvan 1.500 wigbouten)
	Nord	2.000 (résine) 2.000 (hars)
Mines de fer de Lorraine IJzermijnen van Lotharingen		280.000 (dont 70.000 à la résine) 280.000 (waarvan 70.000 harsankerbouten)
Potasse d'Alsace Kaliummijnen van Elzas		30.000 (à expansion) 30.000 (uitzettingsbouten)
Mines de plomb et de zinc Lood- en zinkmijnen		5.000 (60 % à expansion) 5.000 (60 % uitzettingsbouten)
Mines de bauxite Bauxietmijnen		5.000 (90 % à expansion) 5.000 (90 % uitzettingsbouten)
Carrières souterraines (sel, gypse, chaux, plâtre...) Ondergrondse groeven (zout, gips, kalk, pleister, ...)		5.000 5.000
Génie civil Burgerlijke bouwkunde		5.000 5.000

Le génie civil utilise des boulons pour la consolidation de murs de soutènement et de talus de chemin de fer.

Parmi les utilisations de boulons dans les carrières belges, citons deux cas réalisés par l'entreprise Sertra-Blasting.

De burgerlijke bouwkunde maakt gebruik van bouten om steunmuren en spoorwegtaluds te verstevigen.

Vernoemen we bij het gebruik van bouten in de Belgische groeven twee gevallen die door het bedrijf Sertra-Blasting werden uitgevoerd.

La figure 6 montre l'utilisation de boulons pour le creusement d'une sous-station électrique alimentant une installation de pompage de la carrière de Cimescaut à Antoing. Cette chambre a une section de 15 m² et une profondeur de 10 à 12 m. Cette galerie a été creusée au pied d'un talus vertical d'environ 30 m de hauteur sur un palier situé au-dessus du niveau de la nappe aquifère. Les bancs de calcaire sont horizontaux.

Un premier essai de creusement avait été effectué à un autre endroit, sans aucune précaution spéciale. Ce creusement a dû être abandonné par suite de la chute d'un coin de roche, comme indiqué par le pointillé sur la figure 6.

Avant d'entamer le creusement, toute une série de boulons ont été disposés autour de la future chambre (fig. 7 à 9). On a utilisé des boulons à expansion de 1,80 m et de 2,40 m de longueur, avec tiges de 18 mm de diamètre de forage. Le diamètre de forage est de 36 mm.

A mesure du creusement, le toit a été à son tour boulonné avec une densité de 1 boulon/m² et pose d'un treillis épais (fig. 9 et 10). Le creusement a été un succès.

Dans la carrière de la firme Lhoist située à Jemelle, une paroi de 25 m de hauteur a été boulonnée sur une longueur de 150 m afin d'éviter toute chute de blocs dans une zone où les bancs étaient presque verticaux (fig. 11).

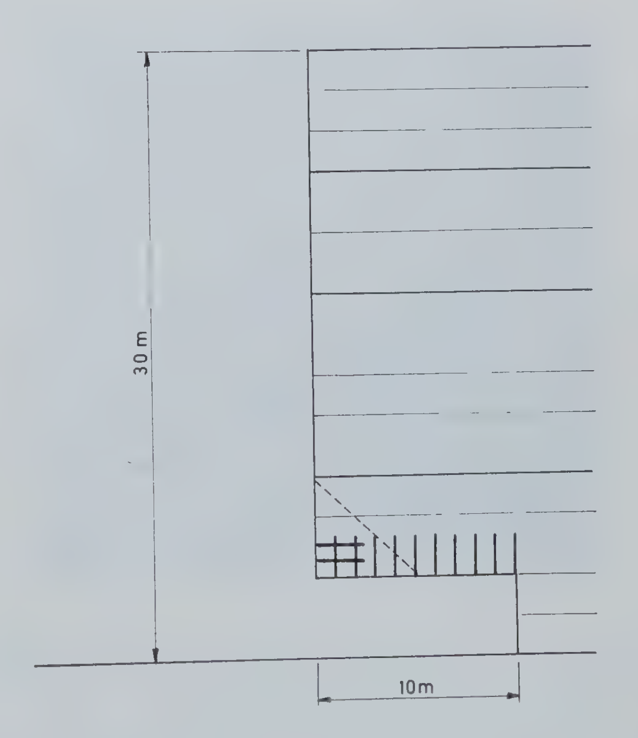
Le talus a été boulonné au moyen de tiges de 1,80 et de 2,40 m de longueur fixant le long de la roche un treillis formé de fils de 5,5 mm de diamètre avec mailles carrées de 15 cm de côté. On a utilisé des boulons à expansion. La densité de boulonnage a varié entre 0,2 et 1 boulon par m² suivant l'état du rocher. Les treillis livrés en rouleaux de 2 m de largeur et de 5 m de longueur sont reliés entre eux au moyen de ligatures avec des fils métalliques.

L'extrémité supérieure du rideau continu en treillis a été enserrée entre un fer cornière et un

Figuur 6 toont hoe bouten werden gebezigd bij de delving van een elektrisch onderstation voor de voeding van een pompinstallatie in de groeve van Cimescaut in Antoing. Deze kamer heeft een doorsnede van 15 m² en is 10 tot 12 m diep. De galerij werd gedolven aan de voet van een vertikale talud van ongeveer 30 m hoog op een vloer die boven het freatisch waterpeil lag. De kalksteenbanken liggen horizontaal.

Elders was een eerste delvingsproef uitgevoerd zonder ook maar enige speciale voorzorgsmaatregelen te treffen. Deze delving is moeten worden opgegeven omdat een hoek gesteente was afgebroken zoals op figuur 6 door de stippellijn wordt aangegeven.

Nu werden voor het aanvangen van de delving rond de toekomstige kamer een hele reeks bouten geplaatst (fig. 7 tot 9) nl. 1,80 m en 2,40 m lange uitzettingsbouten waarvan de stangen een diameter van 18 mm hebben. De boordiameter bedraagt 36 mm. Naarmate de delving vorderde, werd het



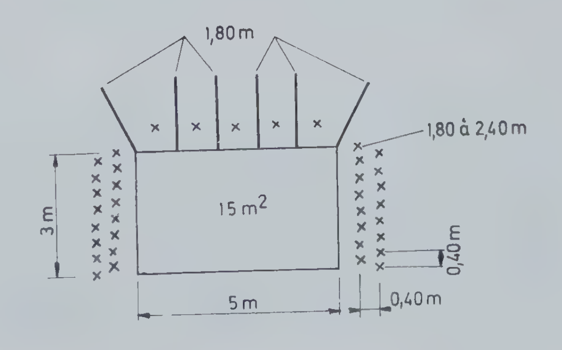


Fig. 6.

Schéma du boulonnage de la devanture et de la couronne d'une chambre de 10 m de profondeur creusée à flanc d'une paroi rocheuse à la carrière Cimescaut à Antoing.

La ligne en pointillés limite l'éboulement qui s'est produit à un autre emplacement dans le cas du creusement d'une chambre sans boulonnage préalable de la devanture sur le pourtour de la future galerie.

Schema van de verankering van de voorkant en van de kroon van een 10 m diepe kamer die in de groeve Cimescaut in Antoing in de flank van een rotswand werd gedolven. De stippellijn duidt de grens aan van de instorting die zich bij een andere plaats heeft voorgedaan nl. waar men een kamer zonder voorafgaande verankering van de voorkant over de omtrek van de toekomstige galerij wilde drijven.



Fig. 7.
Boulonnage de la devanture le long d'une des parois de la galerie.
Verankering van de voorkant langs een van de galerijwanden.



Fig. 8.
Vue générale de l'entrée du tunnel montrant le boulonnage de la devanture de la galerie.
Algemeen gezicht op de ingang van de tunnel dat de verankering van de voorkant van de galerij toont.

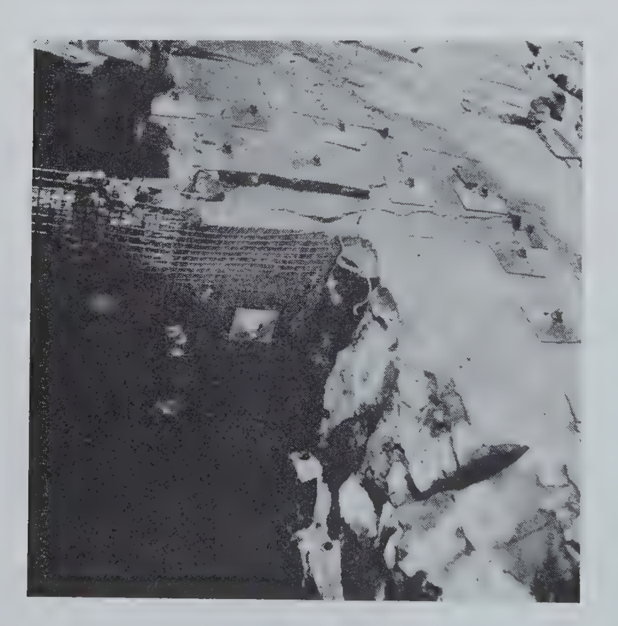


Fig. 9.
Détail de la devanture avec la position des premiers boulons forés au toit de la galerie et montrant aussi le garnissage formé par un treillis épais.
Detailopname van de voorkant met de positie van de eerste bouten die in het dak van de galerij werden geboord en waarop ook de bekleding met zware metaaldraad zichtbaar is.

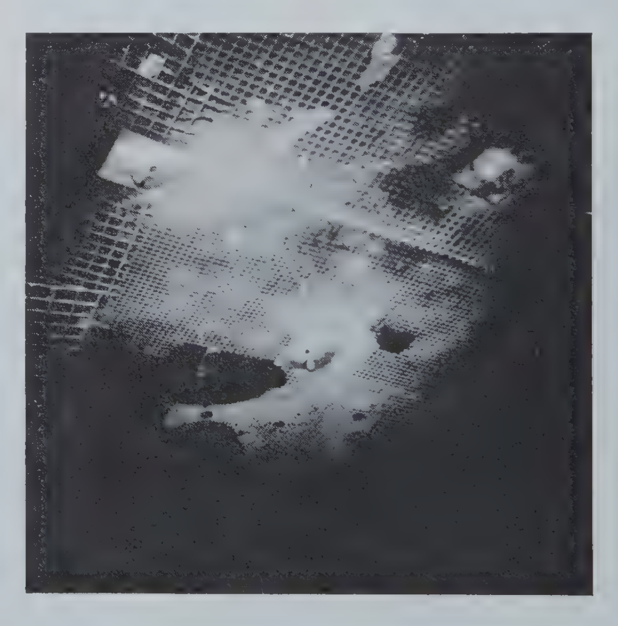


Fig. 10.
Boulonnage de toit avec pose d'un treillis.
Dakverankering met plaatsing van een draadnet.

fer plat reliés entre eux par boulons tous les 15 cm. Les cornières prennent appui contre des boulons de 42 mm de diamètre cimentés dans la roche et pris dans un banc de béton (fig. 11); la distance entre les boulons est de 1 m. Une couche de 40 cm de béton a été coulée sur le bord du plateau supérieur afin d'empêcher toute infiltration d'eau dans les joints de stratification.

dak op zijn beurt verankerd met een dichtheid van 1 bout/m² en werd een dik draadnet geplaatst (fig. 9 en 10). Het werd een sukcesrijke delving.

In de groeve van de firma Lhoist, gelegen in Jemelle, werd een wand van 25 m hoog over een lengte van 150 m verankerd om steenval totaal uit te schakelen in een zone met haast vertikale banken (fig. 11).

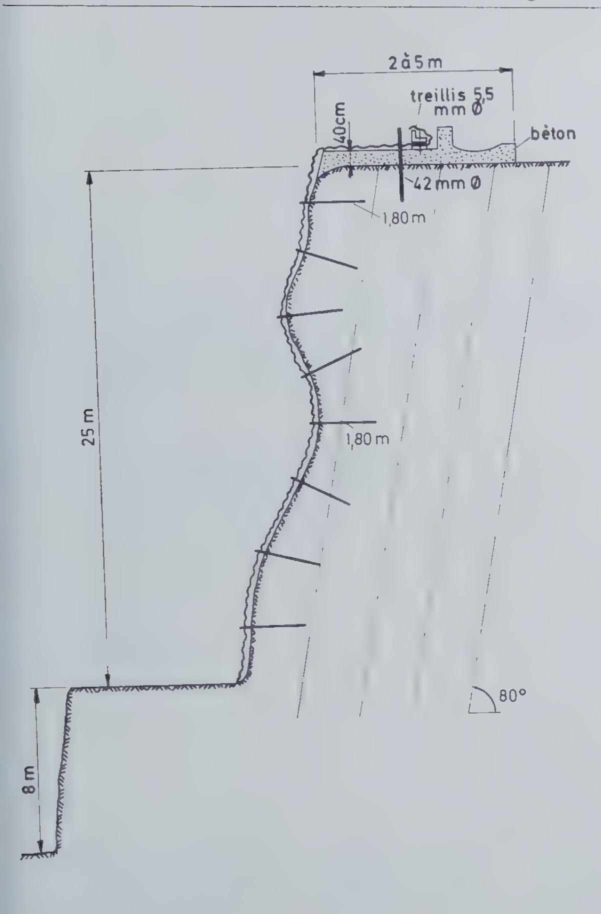


Fig. 11.
Boulonnage d'une paroi rocheuse à la carrière Lhoist à Jemelle.
Verankering van een rotswand in de groeve Lhoist in Jemelle.

La pose des boulons et du treillis le long de cette paroi s'est échelonnée sur plusieurs années et depuis lors il n'y a plus eu les chutes de blocs de pierre qui s'observaient après chaque hiver.

En ce qui concerne la consolidation des roches, signalons encore que nous démarrons une série d'essais d'injection de mortier et de résine dans les roches pour essayer de diminuer les frais d'entretien de certaines galeries. Il est encore trop tôt pour en parler cette fois-ci.

De taludswerden verankerd met 1,80 en 2,40 m lange stangen die tegen het gesteente een draadnet uit draden met 5,5 mm diameter en met vierkante mazen met 15 cm zijde vastzetten. Daarvoor werden uitzettingsbouten gebruikt. De dichtheid van de verankering schommelt tussen 0,2 en 1 bout per m^2 naargelang van de toestand van het gesteente. Het draadnet werd in rollen met een breedte van 2 m en een lengte van 5 m geleverd en deze stukken werden onderling verbonden d.m.v. metalen naaiwerk.

Het bovenuiteinde van het doorlopende draadnet werd geklemd tussen een hoekijzer en een plat ijzer die om de 15 cm onderling werden verbonden met bouten. De hoekijzers steunen tegen bouten met een diameter van 42 mm die in het gesteente werden gecementeerd en in een betonlaag werden gevat (fig. 11); tussen de bouten is er een afstand van 1 m. Op de bovenrand van de plaat werd een laag beton van 40 cm gegoten om iedere waterinfiltratie in de voegen tussen de lagen te verhinderen.

Het zetten van de bouten en van het draadnet langs deze wand nam verscheidene jaren in beslag en sindsdien heeft zich geen steenval meer voorgedaan hetgeen anders na elke winter het geval was.

Aangaande de versteviging van gesteente stippen we nog aan dat we starten met een reeks proeven met mortel- en harsinjektie in het gesteente om te trachten de onderhoudskosten van sommige galerijen te drukken. Om nu al hierover te spreken is het nog te vroeg.

Problèmes posés par l'exploitation des carrières mécanisées en roches dures

Problemen bij de uitbating van gemechaniseerde groeven in hard gesteente

F. VAN ELSEN *

Dans son intervention, Monsieur VAN ELSEN a présenté les différents problèmes qu'il avait eu l'occasion d'exposer aux Journées de l'Industrie Minérale, organisées à l'Université de Bruxelles les 13, 14 et 15 décembre 1971.

Nous reproduisons, ci-après, le résumé de son exposé, dont le texte intégral a paru dans le numéro de juin 1972 des Annales des Mines de Belgique (pp. 659 à 669).

RESUME

Nous examinons certains problèmes vécus depuis le début de la mécanisation en 1949 jusqu'à ce jour, au siège de Quenast de la S.A. des Carrières de Porphyre de Quenast; elle y exploite une roche dure.

Nous passons en revue les différents stades de la fabrication.

Perforation primaire

Celle-ci a été effectuée au début avec fleurets monoblocs de 3 à 15 m et actuellement nous essayons le wagon-drill avec marteau dans le trou à la pression de 10 kg/cm² en étant passé par la sondeuse à percussion et la perforation à 6 kg/cm² avec marteau dans le trou.

* Directeur Général R.D., S.A. des Carrières de Porphyre de Quenast, rue du Faubourg, 35 - 1381 Quenast.

De heer VAN ELSEN heeft in zijn mededeling de verschillende problemen behandeld waarover hij reeds had kunnen spreken op de Studiedagen van de Minerale Nijverheid die op 13, 14 en 15 december 1971 aan de Universiteit van Brussel werden georganiseerd.

Hierna volgt een samenvatting van zijn uiteenzetting waarvan de tekst in extenso verscheen in het juninummer 1972 van de Annalen der Mijnen van België (p. 659 tot 669).

SAMENVATTING

Wij geven in het kader van de verschillende fabrikagestadia een kort overzicht van bepaalde problemen die op de zetel Quenast van de « S.A. des Carrières de Porphyre de Quenast » sedert het begin van de mechanisering in 1949 tot op de dag van vandaag zijn voorgekomen. De maatschappij ontgint er een hard gesteente.

Boorwerk

In het begin werd met monoblokboren van 3 tot 15 m geboord en op dit ogenblik beproeven wij de wagon-drill met hamer in het gat bij een druk van 10 kg/cm²; tussenin gebruikten wij de snelslagboor en de boring bij 6 kg/cm² met hamer in het gat.

Fragmentation secondaire

Enumération, et problèmes des différents modes de fragmentation secondaire, par perforation et minage à l'explosif, par choc (le principe du « Drop ball ») par cassage dans le plus grand concasseur à mâchoires existant.

Chargement et transport

Utilisation des pelles électriques et chargeurs sur pneus — usure rapide des dents en 1949 — recharge par soudure remplacée par pointes rapportées, système utilisé actuellement par tous les constructeurs de pelles — godets des pelles en multipièces. Les chargeurs chargent des blocs trop gros pour les concasseurs.

Pour les camions, nous sommes passés de 15 t de charge utile à 35 t après avoir fait des modifications dans les bacs qui se détériorent très rapidement; actuellement ils sont construits en acier spécial.

Concasseurs

Nous passons en revue les concasseurs que nous avons eus à Quenast et auxquels des modifications ont été apportées suite aux accidents qui s'étaient produits : rupture d'arbre, foration de celui-ci pour le rendre plus élastique; fissuration de la cuve suite au laminage des concaves, recréation des joints par découpage au chalumeau de ceux-ci.

En 1964, installation d'un concasseur à mâchoires pour, d'une part, réduire la fragmentation et, d'autre part, pour augmenter la production; en 1968 nous constatons la fissuration de différentes pièces, nous réparons certaines par soudure, d'autres sont remplacées par des pièces renforcées, l'ensemble étant ceinturé par des contre-sommiers réunis par des tirants mis en précontrainte.

Cribles

Les toiles de criblage en fils ronds ou trapézoïdaux s'usent très rapidement, elles sont remplacées par des panneaux coulés, boulonnés sur les entretoises des cribles.

L'entretien aux Carrières de Quenast représente 41 % du prix de revient alors que dans une autre carrière, mais en pierre moins dure, il ne représente que 24 % du prix de revient.

Secundaire verbrokkeling

Opsomming van de problemen met de verschillende manieren van secundaire verbrokkeling : door doorboring en door afschieten van springstof, door schokken (het beginsel van de « Drop ball »), door breking in de grootste bestaande kaakbreker.

Lading en vervoer

Het gebruik van elektrische schoppen en laadmachines op banden leidde tot snelle slijtage van de tanden (1949). Dan werd de oplassing vervangen door aanzetpinnen, een systeem dat momenteel door alle schopbouwers wordt aangewend. De laadbakken van de schoppen bestaan uit verscheidene stukken. Het personeel laadt vaak blokken die te groot zijn voor de brekers.

Voor de vrachtwagens zijn wij overgegaan van 15 ton nuttige lading naar 35 ton nadat wij wijzigingen hadden aangebracht aan de bakken die zeer snel worden beschadigd; thans worden ze van speciaal staal vervaardigd.

Brekers

Wij geven een overzicht van de brekers die wij te Quenast hebben gehad en die werden gewijzigd als gevolg van de voorgevallen ongelukken : asbreuk en uitboring van deze as om ze elastischer te doen worden; barsten in de kuip als gevolg van het afslijten van de holle zijden waarna de beschadigde delen werden uiteengesneden en daarna met de snijbrander opnieuw samengevoegd.

Enerzijds om de verbrokkeling te beperken en anderzijds om de produktie op te drijven werd in 1964 een kaakbreker geïnstalleerd; in 1968 stellen wij vast dat verschillende stukken zijn gebarsten en sommige herstellen wij met lassen, andere worden door verzwaarde stukken vervangen en het geheel met steunbalken, verbonden door voorgespannen trekankers, omgord.

Zeven

De zeefdoeken van ronde of trapeziumvormige draden slijten zeer snel en worden vervangen door gegoten panelen die op de dwarsliggers van de zeven worden verankerd.

Het onderhoud vertegenwoordigt in de Carrières de Quenast 41 % van de kostprijs terwijl het in een andere groeve met minder harde steen slechts 24 % van de kostprijs bedraagt.

INHALTSANGABE

Der Aufsatz gibt, gegliedert in die einzelnen Etappen des Betriebsablaufs, einen Überblick über einige Probleme, die von 1949 bis heute bei der Mechanisierung der Porphyrsteinbruchbetriebe in Quenast gelöst werden mußten. Der Stein ist besonders hart.

SUMMARY

We examine certain problems experienced since the beginning of mechanization in 1949 up to the present time, in the Quenast quarry of the S.A. Carrières de Porphyre de Quenast; working is carried out in hard rocks.

We review the various manufacturing stages.

Bohrarbeit

Als Bohrgeräte wurden anfangs 3 bis 15 m lange Monoblocbohrer eingesetzt; sie wurden von Fallhämmern abgelöst, die sich jedoch nicht bewährten. Zur Zeit werden Versuche mit Bohrhämmern gemacht, die, an einem Bohrwagen aufgehängt, im Lochtiefsten sitzen. Der Andruck ist von 6 auf 10 kg/cm² heraufgesetzt worden.

Nachzerkleinerung

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über verschiedene Formen der Nachzerkleinerung : Knäpperschießen mit Bohrlöchern, Zerkleinerung durch Fallgewichte, Einsatz eines mächtigen Backenbrechers, des größten seiner Art.

Ladearbeit und Förderung

Beim Einsatz elektrischer Schaufellader und gummibereifter Ladeaggregate trat starker Verschleiß an den Zähnen auf. Von angeschweißten Zähnen ging man zu angestückten über, ein Verfahren, das heute sämtliche Hersteller von Schaufelladern anwenden. Die einzelnen Schaufeln sind aus mehreren Teilen zusammengesetzt. Zu Schwierigkeiten führt es, daß das Personal öfter ungenügend vorzerkleinerte Blöcke weglädt, die für die Brecher zu groß sind. Die Nutzlast der Lastwagen haben wir von 15 auf 35 t erhöht. Die Wannen der Wagen waren raschem Verschleiß ausgesetzt. Sie werden jetzt aus Spezialstahl gefertigt.

Brecher

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über die verschiedenen in Quenast eingesetzten Brechertypen, aufgetretene Pannen und notwendig gewordene Veränderungen. Nach einem Wellenbruch durchbohrte man die Welle zur Erhöhung ihrer Elastizität in voller Länge, was sich bewährte. In der Wanne des Kegelbrechers traten Risse auf. Die schadhaften Teile wurden mit dem Schneidbrenner auseinandergeschnitten und neu zusammengefügt.

1964 wurde, um einer zu starken Zerkleinerung vorzubeugen und die Durchsatzleistung zu erhöhen, ein Backenbrecher angeschafft. 1968 traten in mehreren Teilen Risse auf. Soweit man sie nicht verschweissen konnte, ersetzte man die beschädigten Teile durch stärkere und brachte Versteifungsleisten an.

Siebe

Die Siebbeläge aus runden oder Profildrähten nutzten sich sehr rasch ab. Sie wurden durch gusseiserne Spaltsiebböden ersetzt, die auf den Traversen verschraubt wurden.

Die Wartungsarbeiten machen im Steinbruch Quenast 41 % der Kosten aus; in einem anderen, in weniger hartem Gestein arbeitenden Steinbruch sind es nur 24 %.

Preliminary drilling

In the beginning, this was carried out with monobloc channelers of from 3 to 15 m and at present, we are trying out the waggon-drill with hammer in the hole at a pressure of 10 kg/cm² having passed from the percussion drill and drilling at 6 kg/cm² with hammer in the borehole.

Secondary fragmentation

Enumeration and the problems involved in the various methods of secondary crushing, by drilling and by blasting, by shock (« drop-ball » principle) by crushing in the biggest crusher with metal jaws in the world.

Loading and transport

Use of electric shovels and loaders on tyres — rapid wearing of the teeth in 1949 — re-loading by welding replaced at given points; this is the system that is used at present by all constructors of shovels — the skips of the shovels in multiparts. The loaders load the blocks that are too big for the crushers.

With regard to the lorries, we have passed from 15 T. net load to 35 T. after having made certain changes in the trucks, which wear out very quickly; they are now made of special steel.

Crushers

We review the crushers which we had at Quenast and which have been modified owing to accidents that occurred : breaking of the shaft, drilling of same to make it more elastic; cracking of the basin owing to the laminating of concave surfaces, repair of the joints by cutting them by the blow-pipe method.

In 1964, a jaw crusher was installed to reduce fragmentation on the one hand and to increase production on the other hand; in 1968, we observed cracks in various parts; we repaired some of them by welding, others were replaced by reinforced parts, and the complete unit was surrounded by hoops linked together by pre-stressed ties.

Screens

The screening trellis in round or trapezoidal wire wears out very rapidly; this is replaced by moulded panels, bolted to the cross-pieces of the screens.

The maintenance costs at the Quenast Quarries represent 41 % of the total costs, whereas in another quarry, where the stone is not so hard, they amount to only 24 % of the total costs.

La mesure du degré de frittage des chaux en roches

Het meten van de fritgraad van kluitkalk

Philippe DUMONT *

RESUME

Sous l'action des hautes températures, le frittage des chaux vives en roches affecte sensiblement la qualité du matériau et a pour effet de diminuer sa réactivité.

C'est la raison pour laquelle il est utile que le chaufournier contrôle en permanence cette caractéristique.

Deux méthodes sont proposées :

- *une mesure de la densité apparente par enrobage des grains de chaux au moyen de mercure,*
- *une mesure de la vitesse d'extinction de la chaux dans un vase Dewar.*

Elles se caractérisent par une précision suffisante, une grande simplicité et la rapidité d'exécution des mesures.

L'interprétation des résultats est facilitée par une représentation graphique de l'état de cuisson de la chaux, défini par le taux en $CaCO_3$ résiduel et le degré de frittage du matériau.

INHALTSANGABE

Unter der Einwirkung der hohen Temperaturen schlägt sich das Sintern des ungelöschten, gesteinförmigen Kalks in der Materialqualität weitgehend nieder und hat eine verminderte Reaktivität dieses Stoffes zur Folge.

Aus diesem Grunde ist es angebracht, daß der Kalkbrenner diese Eigenschaft ständig im Auge behält.

* Chargé de Recherches à la S.A. des Carrières et Fours à Chaux Dumont Wautier — 4134 Hermalle-sous-Huy.

SAMENVATTING

Onder invloed van hoge temperaturen ondergaat ongebluste kluitkalk een fritverschijnsel dat de kwaliteit van het materiaal gevoelig aantast en tot gevolg heeft dat zijn reaktiviteit wordt verminderd.

Daarom is het nuttig dat de kalkbrander deze karakteristiek voortdurend kontroleert.

Twee metoden worden voorgesteld :

- *het meten van de schijnbare dichtheid door de kalkkorrels onder te dompelen in kwik;*
- *het meten van de blussnelheid van de kalk in een fles van Dewar.*

Kenmerkend voor deze metoden zijn : voldoende nauwkeurigheid, eenvoud en snelle uitvoering van de metingen.

Het interpreteren van de resultaten wordt vergemakkelijkt door een grafische voorstelling van de brandtoestand van kalk, bepaald door het gehalte aan overblijvend calciumkarbonaat en de fritgraad van het materiaal.

SUMMARY

Influenced by the action of high temperatures, the calcination of quicklime in the rocks affects the quality of the material to a marked degree and has the effect of reducing its reactivity.

It is for this reason that it is useful for the lime-burner to control this characteristic systematically.

Zwei Verfahren werden vorgeschlagen :

- *die Ermittlung der Schüttwichte, wodurch die Kalkkörner in Quecksilber eingehüllt werden;*
- *die Ermittlung der Löschgeschwindigkeit des Kalks in einem Vakuumgefäß.*

Diese Verfahren zeichnen sich durch eine ausreichende Genauigkeit aus, sie sind äußerst einfach, und der Meßvorgang wird schnell durchgeführt.

Die Auswertung der Ergebnisse wird erleichtert durch ein Diagramm des Kalkbrennvorgangs, der durch den restlichen $CaCO_3$-Gehalt und den Sintergrad des Stoffes definiert ist.

Two methods are proposed :

- *a measurement of the apparent density by coating grains of lime with mercury,*
- *a measurement of the rate of extinction of the lime in a Dewar flask.*

They are characterized by an adequate precision, great simplicity and speedy execution of the measurements.

The interpretation of the results is facilitated by a graphic representation of the Kilning state of the lime, defined by the residual $CaCO_3$ content and the degree of calcination of the material.

On entend par frittage, un phénomène physique qui a pour effet de diminuer la porosité d'un oxyde sous l'action de températures élevées.

Ce phénomène se caractérise par une agglomération des grains et par une densification du solide.

La force motrice du frittage est la réduction de la surface interne des grains, qui s'accompagne d'une diminution de l'énergie libre.

Dans le domaine de la cuisson des chaux, soit de la décarbonatation des roches calcaires à une température supérieure à 900 °C, l'oxyde de calcium formé subit un phénomène de frittage.

Comme la décarbonatation et le frittage s'accompagnent d'un changement de la densité apparente, on peut suivre le processus de cuisson d'une chaux sur un diagramme (fig. 1) donnant la variation de la densité apparente du matériau en fonction de l'élévation de température.

Het fritten is een natuurkundig verschijnsel dat een vermindering van de porositeit van een oxyde onder invloed van hoge temperatuur tot gevolg heeft.

Kenmerkend voor het verschijnsel zijn een samenkitten van de korrels en een verdichting van de vaste stof.

De drijvende kracht bij het fritten is de vermindering van het inwendige oppervlak van de korrels hetgeen gepaard gaat met een vermindering van de vrije energie.

Bij het branden van kalk of het dekarbonateren van kalksteen op een temperatuur van meer dan 900 °C ondergaat het calciumoxyde bij zijn ontstaan een fritverschijnsel.

Vermits het dekarbonateren en het fritten gepaard gaan met een verandering van de schijnbare dichtheid, kan men het brandproces van de kalk volgen op een diagram (fig. 1) waarop aangegeven wordt hoe de schijnbare dichtheid van het materiaal afhankelijk van de temperatuurstijging verandert.

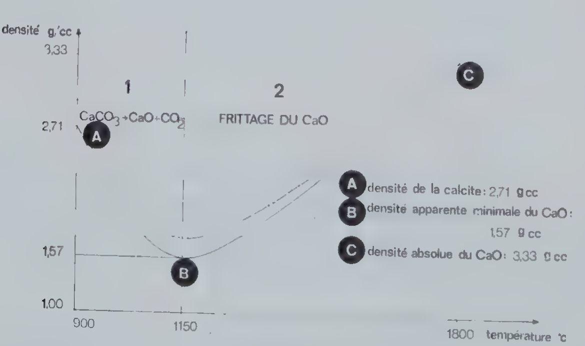


Fig. 1.

Variation de la densité des chaux en roches.
Verandering van de dichtheid van kluitkalk.

A = *dichtheid van het calciet*
B = *minimale schijnbare dichtheid van het CaO*
C = *absolute dichtheid van het CaO*
Densité = *dichtheid*
Frittage du CaO = *het fritten van de kalk.*

A températures croissantes, on observe d'abord une diminution de la densité consécutive à la perte en poids due au départ de l'anhydride car-

Bij toenemende temperatuur ziet men eerst een vermindering van de dichtheid optreden tengevolge van gewichtsverlies wegens het verdwijnen van

bonique. On observe ensuite une augmentation qui correspond à une densification de la chaux.

On note trois valeurs caractéristiques :

— 2.71 g/cc densité de la roche calcaire qui, en raison d'une porosité quasi nulle, s'apparente à la densité absolue de la calcite.

— 3.33 g/cc densité absolue de l'oxyde de calcium qui correspond à un état de frittage maximum.

— 1.57 g/cc densité apparente minimale de la chaux. Ce point représente l'état de cuisson le plus favorable pour lequel la décarbonatation est complète et la densification nulle.

Cette courbe est théorique. Il est plus exact de considérer une courbe réelle dans la figure 1 indiquée en pointillé. Elle montre que la densification apparaît dès la formation de l'oxyde de calcium.

D'autre part dans un four à chaux, en raison de l'étalement granulométrique des roches, de l'hétérogénéité des températures, il est compatible d'avoir simultanément une forte proportion d'incuits, soit de carbonate de calcium résiduel, et un état de frittage avancé.

Cette constatation justifie l'intérêt de ne pas se contenter de mesurer le pourcentage d'incuits, mais de déterminer également le degré de frittage de la chaux.

Si on tient compte que le frittage nécessite des calories, un tel contrôle permet de s'assurer du bon fonctionnement d'un four à chaux.

On peut dire qu'une chaux frittée est le témoin d'une mauvaise utilisation de l'énergie, soit d'un mauvais rendement du four.

D'autre part, le frittage de la chaux affecte sa qualité en ce sens qu'il diminue la réactivité du matériau.

Rappelons que la chaux est principalement utilisée en métallurgie comme agent de purification de l'acier.

En convertisseurs, elle réagit avec les impuretés contenues dans le métal en fusion. Ces réactions sont d'autant plus rapides et complètes que la chaux est réactive, c'est-à-dire qu'elle présente une microporosité élevée.

La valeur théorique maximale de la porosité d'une chaux est de 52 % correspondant à la densité apparente de 1.57 g/cc, c'est-à-dire à l'état de cuisson optimum de la chaux.

Il est faux de croire que le problème qualité chaux sous l'aspect réactivité n'a plus sa raison

het koolzuuranhydride. Vervolgens stelt men een verhoging vast wegens de toenemende dichtheid van de kalk.

Men noteert drie karakteristieke waarden :

— 2.71 g/cc dichtheid van de kalksteen die wegens het haast volledig ontbreken van porositeit dicht bij de absolute dichtheid van calciet ligt.

— 3.33 g/cc absolute dichtheid van calciumoxyde die overeenstemt met de volledig gefritte toestand.

— 1.57 g/cc minimale schijnbare dichtheid van de kalk. Dit punt komt overeen met de gunstigste toestand in het branden waarbij de dekarbonatering volledig is en de verdichting nul.

Deze kromme is teoretisch. Juister is een werkelijke kromme die op figuur 1 wordt voorgesteld door een streeplijn en die aantoont dat de verdichting een aanvang neemt zohaast het calciumoxyde gevormd wordt.

Wegens de granulometrische spreiding van de lading en de heterogeniteit van de temperatuur is het anderzijds mogelijk dat in een kalkoven gelijktijdig een sterke verhouding niet-gebrande produkten (dit wil zeggen overblijvend calciumkarbonaat) en een vergevorderde frittoestand aantreft.

Dit feit toont aan dat men er alle belang bij heeft niet alleen het procent niet-gebrand materiaal te bepalen maar ook de fritgraad van de kalk te meten.

Houdt men er rekening mee dat het fritten kalorieën vereist, dan kan voornoemde kontrole dienen voor het aanhouden van een goede werking van de kalkoven.

Men kan zeggen dat gefritte kalk het bewijs levert dat de energie slecht gebruikt werd, dus dat de oven een slecht rendement heeft.

Van de andere kant betekent het fritten van de kalk een vermindering van de kwaliteit, in die zin dat het materiaal minder reaktief wordt.

We herinneren eraan dat kalk hoofdzakelijk in de metallurgie gebruikt wordt voor het zuiveren van staal.

In de convertor reageert hij met de onzuiverheden die in het gesmolten metaal aanwezig zijn. Deze reakties verlopen des te vlugger en des te vollediger naarmate de kalk meer reaktief is d.w.z. een hogere mikroporositeit heeft.

De hoogste teoretische porositeit van kalk bedraagt 52 % hetgeen overeenkomt met de schijnbare dichtheid van 1.57 g/cc d.w.z. een optimale brandtoestand van de kalk.

Het is niet juist dat het probleem van de kwaliteit van de kalk uit oogpunt reaktiviteit geen zin

d'être depuis l'apparition des fours modernes utilisant des combustibles gazeux ou liquides. Même pour les fours tournants, qui ont la réputation de produire une chaux de qualité régulière et très réactive, il est curieux de constater les variations importantes du degré de frittage.

Lors de l'extinction de la chaux vive sous forme de lait de chaux, il est facile de vérifier que le volume des résidus d'extinction varie considérablement en fonction de la réactivité de l'oxyde.

En ce qui concerne la mesure du degré de frittage des chaux, nous avons retenu deux méthodes selon les critères suivants :

— simplicité de la mesure,
— rapidité d'exécution,
— précision.

Il était important que la mesure soit réalisée sur un échantillon représentatif du lot industriel, soit sur une fraction granulométrique qui n'affecte pas les caractéristiques de la chaux en roches.

Dans ce but, nous avons choisi arbitrairement une fraction 5 à 10 mm pour laquelle la surface extérieure du grain est négligeable par rapport à la surface interne des pores. Cette fraction est obtenue par concassage et tamisage de la chaux tout-venant.

Puisque le frittage s'accompagne d'une variation de la densité, nous avons tout naturellement porté notre choix sur une mesure de la densité apparente par enrobage des grains de chaux au moyen de mercure (fig. 2).

L'appareil est composé d'un réservoir de mercure et d'un flacon porte-échantillon. Celui-ci est muni d'un disque en verre perforé. On réalise préalablement le vide afin d'éviter une rétention d'air entre les grains de chaux. Ensuite, en

meer heeft sedert er moderne ovens met gasvormige of vloeibare brandstof bestaan. Zelfs bij draaiende ovens, waarvan men zegt dat ze een regelmatig en zeer reaktief produkt voortbrengen, is men verwonderd over de veranderlijkheid van de fritgraad.

Bij het blussen van levende kalk in de vorm van kalkmelk kan men gemakkelijk nagaan dat het volume van het blusresidu afhankelijk van de reaktiviteit van het oxyde aanzienlijk verandert.

Voor het meten van de fritgraad van kalk hebben we het gehouden bij twee methoden die aan de hand van de volgende criteria werden gekozen :

— eenvoudige meting,
— snelle uitvoering,
— nauwkeurigheid.

Belangrijk is dat de meting wordt uitgevoerd op een representatief monster uit het industriële lot, dus op een korrelfraktie die dezelfde karakteristieken heeft als kluitkalk.

Wij hebben daarvoor willekeurig een fraktie van 5 tot 10 mm gekozen waarbij het uitwendige oppervlak van de korrels te verwaarlozen is ten opzichte van het inwendige oppervlak van de poriën. Men bekomt deze fraktie door het breken en zeven van ruwe kalk.

Vermits het fritten gepaard gaat met een verandering van de dichtheid, hebben we vanzelfsprekend verkozen de schijnbare dichtheid te meten door de korrels kalk in kwik te dompelen (fig. 2).

Het apparaat bestaat uit een kwikreservoir en een monsterflesje. Dit flesje is voorzien van een doorboorde glazen schijf. Vooreerst maakt men een luchtledige ruimte zodat er geen lucht achterblijft tussen de kalkkorrels. Door vervolgens pers-

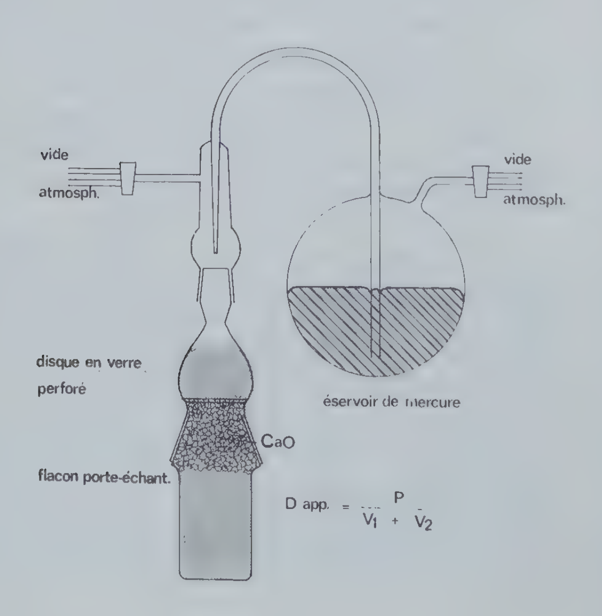


Fig. 2.

Mesure de la densité apparente des chaux.
P = poids de chaux
V_1 = volume de la matière
V_2 = volume des pores.

Meting van de schijnbare dichtheid van kalk.
P = *gewicht van de kalk*
V_1 = *volume van het materiaal*
V_2 = *volume van de poriën*
Vide = *luchtledige*
Disque... = *doorboorde glasplaat*
Réservoir... = *kwikreservoir*
Flacon... = *monsterfles.*

admettant une pression d'air dans le réservoir de mercure, on emplit le flacon porte-échantillon. Le disque en verre perforé de trous dont le diamètre est inférieur au diamètre des grains de chaux maintient ceux-ci en immersion dans le mercure.

La mesure du volume apparent, soit du volume de la matière et du volume des pores, est obtenue par différence de poids du porte-échantillon empli de Hg avec et sans échantillon.

Pour le calcul de la densité apparente de l'oxyde de calcium, on tient compte de la tare du flacon ainsi que du poids de l'échantillon, mais aussi de la teneur en carbonate de calcium (incuits) qui sera déduite par calcul de la valeur mesurée.

La reproductibilité des mesures porte sur la 3ème décimale. Le temps de mesure, préparation de l'échantillon comprise, est de 15 minutes environ.

L'interprétation des résultats est aisée puisqu'on situe la valeur de la densité dans une échelle de grandeurs délimitée par la densité apparente minimale de la chaux, soit 1.57 g/cc et 3.33 g/cc, qui est la densité absolue de l'oxyde de calcium correspondant à un frittage maximum.

Une autre méthode plus usuelle est la mesure de la vitesse d'extinction de la chaux dans un vase Dewar. Cette méthode consiste à mélanger une quantité aliquote de chaux en grains dans de l'eau distillée et à mesurer l'élévation de température dans le temps.

L'hydratation de l'oxyde de calcium fortement exothermique échauffe l'eau d'autant plus rapidement que la surface d'attaque est plus importante, c'est-à-dire que la chaux examinée est plus réactive.

L'opération est réalisée dans un appareil que nous avons schématisé dans la figure 3.

En fonction du degré de frittage de la chaux, on note de fortes différences de la montée en température dans le temps (fig. 4).

Pour améliorer la sensibilité de la mesure, nous avons choisi un rapport chaux/eau assez faible, soit une part de chaux pour huit parts d'eau, ainsi qu'une température initiale de 10 °C. De cette façon, la réaction n'est pas catalysée par une augmentation excessive de la température.

Pour définir le degré de frittage de la chaux, nous avons choisi arbitrairement la valeur de la température après une minute de réaction, que nous représentons par le symbole R_{CaO}.

Il existe, bien sûr, d'autres techniques de mesure de la réactivité des chaux telles que la détermination de la SS BET par absorption d'azote à la température de l'azote liquide ou la

lucht op het kwikreservoir te zetten, wordt de monsterfles gevuld. De doorboorde glasplaat waarvan de openingen kleiner zijn dan de doormeter van de korrels kalk, houdt deze in het kwik ondergedompeld.

Het schijnbare volume d.w.z. het volume van het materiaal en het volume van de poriën wordt gemeten door het verschil in gewicht van de met kwik gevulde monsterfles met en zonder monster.

Bij de berekening van de schijnbare dichtheid van het calciumoxyde houdt men niet alleen rekening met het eigen gewicht van de fles en het gewicht van het monster maar ook met het gehalte aan niet-gebrand calciumkarbonaat dat rekenkundig uit de gemeten waarde wordt afgeleid.

De reproduktiviteit van deze metingen ligt bij de derde decimale. De meettijd met inbegrip van het bereiden van het monster beslaat ongeveer 15 minuten.

Het interpreteren van de resultaten is eenvoudig : men situeert de waarde van de dichtheid op een schaal van waarden die begrensd wordt door de minimale schijnbare dichtheid van kalk, hetzij 1.57 g/cc en 3.33 g/cc, dit is de absolute dichtheid van het met een maximaal fritten overeenstemmend calciumoxyde.

Een andere, meer gebruikelijke metode is het meten van de blussnelheid van kalk in een fles van Dewar. Hierbij wordt een willekeurige hoeveelheid korrelvormige kalk gemengd met gedestilleerd water en wordt de temperatuurstijging afhankelijk van de tijd gemeten.

Het hydrateren van calciumoxyde is sterk exotermisch en doet het water des te sneller verwarmen naargelang de kontaktoppervlakte groter is d.w.z. naarmate de onderzochte kalk meer reaktief is.

Deze bewerking gebeurt in een toestel dat wij schematisch voorstellen op figuur 3.

Afhankelijk van de fritgraad van de kalk noteert men aanzienlijke verschillen in de stijging van de temperatuur in de tijd (fig. 4).

Om de meting gevoeliger te maken, hebben we een zeer zwakke verhouding kalk/water genomen, namelijk 1 deel kalk tegen 8 delen water, en een begintemperatuur van 10 °C. Op die manier wordt de reaktie niet versneld door een te snelle stijging van de temperatuur.

Om de fritgraad van de kalk aan te duiden, hebben we willekeurig de waarde van de temperatuur na een minuut reaktie gekozen; we stellen deze voor door het symbool R_{CaO}.

Er bestaan natuurlijk nog andere technieken voor het meten van de reaktiviteit van kalk, zoals het bepalen van de SS BET door absorptie van stikstof bij de temperatuur van vloeibare stikstof,

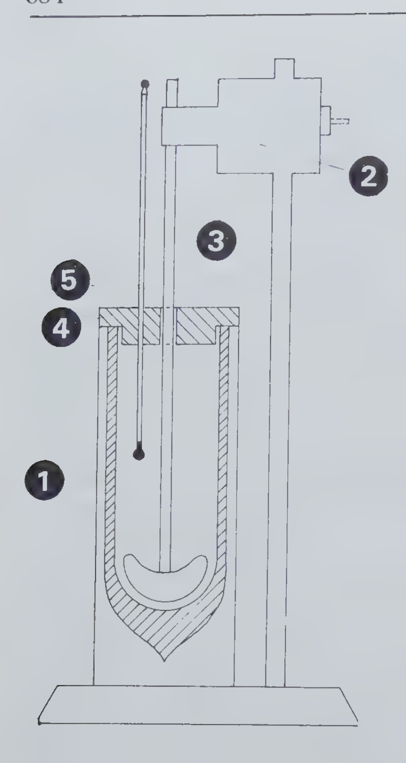


Fig. 3.

Mesure de la vitesse d'extinction des chaux.
1 = vase thermostatique Dewar
2 = agitateur
3 = tige d'agitation
4 = couvercle
5 = thermomètre.

Meting van de blussnelheid van kalk.
1 = *thermostatische fles Dewar*
2 = *roerder*
3 = *roersteel*
4 = *deksel*
5 = *termometer.*

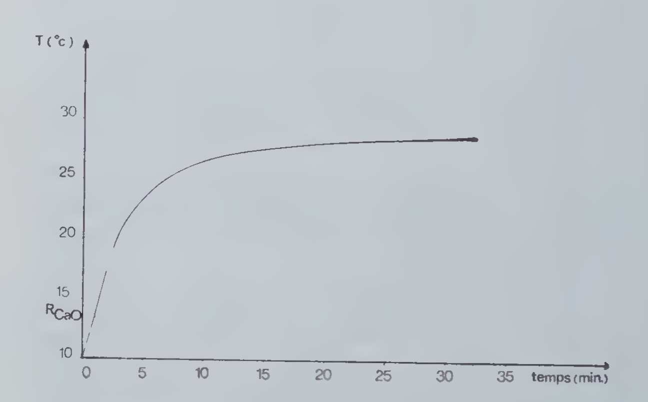


Fig. 4.

Mesure de la vitesse d'extinction des chaux.
Diamètre des grains : 5-10 mm
T° : 10° C
Rapport chaux/eau : 1/8.

Meting van de blussnelheid van kalk.
Diamètre... = *doormeter van de korrels*
Rapport... = *verhouding kalk/water*
Temps... = *tijd (min.).*

titration neutralisante sur grains appelée plus communément le test de Wuhrer.

Elles n'ont pas retenu notre attention en raison de la complexité et de la lenteur d'exécution de la mesure.

De plus, la détermination de la SS doit être réalisée sur un matériau pulvérulent, c'est-à-dire non représentatif de la réactivité de la chaux en roches.

Rappelons que la mesure de la densité apparente ainsi que la vitesse d'extinction sont simples à exécuter, rapides et précises. En conséquence, elles peuvent être appliquées sans aucune difficulté par le cuiseur responsable de la bonne marche d'un four à chaux.

Dans la figure 5, nous avons représenté graphiquement l'état de cuisson d'une chaux par un point fixant la teneur en incuits et le degré de frittage du matériau.

Pour ce faire, nous avons porté en ordonnée le pourcentage de $CaCO_3$ résiduel et en abscisse le degré de frittage défini par une mesure de la densité apparente ou de la réactivité à l'eau.

of het neutraliserend titreren op korrels, dat gewoonlijk test van Wuhrer wordt geheten.

We hebben er ons niet mee bezig gehouden omdat ze te ingewikkeld zijn en de meting te traag verloopt.

Bovendien moet de SS bepaald worden op een poedervormig materiaal dat dus niet representatief is voor de reaktiviteit van kluitkalk.

We herinneren eraan dat het meten van de schijnbare dichtheid en ook van de blussnelheid gemakkelijk uitvoerbaar zijn, snel en nauwkeurig werken. Dus kunnen ze zonder enig bezwaar worden toegepast door de brander die verantwoordelijk is voor de goede gang van de kalkoven.

In figuur 5 hebben we de brandtoestand van een kalksoort grafisch voorgesteld door een punt dat het gehalte aan onverbrande delen en de fritgraad van het materiaal voorstelt.

Daartoe hebben we in ordinaat het percentage overblijvend $CaCO_3$ voorgesteld en in abscis de fritgraad bepaald door meting van de schijnbare dichtheid of van de reaktiviteit ten opzichte van water.

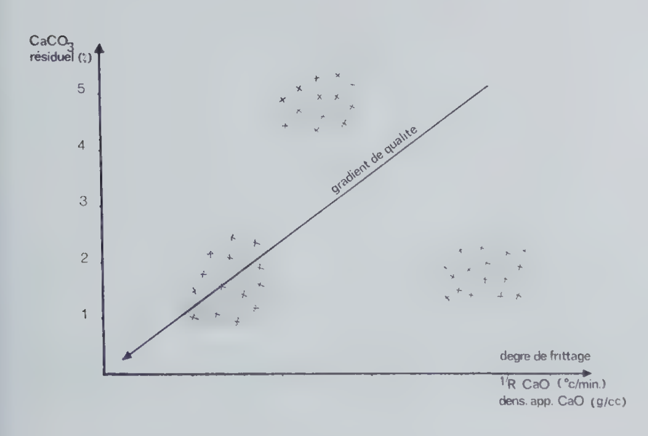


Fig. 5.

Représentation graphique de l'état de cuisson d'une chaux.
Grafische voorstelling van het branden van kalk.

$CaCO_3$ résiduel = *overblijvend $CaCO_3$*
Degré de frittage = *fritgraad*
Dens... = *sch. dichtheid CaO*
Gradient de qualité = *kwaliteitsgradiënt.*

Par type de fours et selon le calibre de la roche calcaire, on peut définir des plages qui caractérisent la qualité moyenne produite, ainsi que la dispersion autour de la moyenne.

On note un gradient de qualité selon une diagonale correspondant à une diminution de la teneur en $CaCO_3$ résiduel et du degré de frittage.

Ce graphique permet une comparaison aisée entre les qualités de chaux produites par les différents types de fours industriels.

Il permet également de contrôler le processus de cuisson en vérifiant que la qualité de la chaux ne quitte pas la zone de dispersion habituelle.

Il reste quelques problèmes à résoudre tels que le prélèvement continu d'échantillons représentatifs d'un lot industriel, ainsi que l'automatisation des mesures de la réactivité des chaux et de la teneur en incuits.

C'est un objectif que nous pensons pouvoir atteindre très bientôt et qui nous permettra de généraliser ce type de contrôle à toutes nos unités de production.

Volgens het oventype en het kaliber van het kalkgesteente kan men stroken aanduiden die karakteristiek zijn voor het gemiddelde produkt alsook wat de spreiding is rondom deze stroken.

Men noteert dat er een kwaliteitsgradiënt bestaat volgens een diagonaal die overeenkomt met een vermindering van het gehalte aan overblijvend calciumkarbonaat en van de fritgraad.

Met deze grafiek kan men gemakkelijk de kwaliteit van kalk, gemaakt in de verschillende industriële oventypen, vergelijken.

Men kan er ook het brandproces mee kontroleren door na te gaan of de kwaliteit van de kalk niet buiten de normale spreidingszone gaat.

Er blijven enkele problemen op te lossen, zoals het doorlopend nemen van representatieve monsters uit een industrieel lot alsook het automatiseren van het meten van de reaktiviteit van de kalk en het gehalte aan niet-gebrande stoffen.

We menen dat dit doel weldra zal bereikt worden en we hopen dit type van kontrole te kunnen uitbreiden tot al onze produktieëenheden.

Quelques aspects de l'utilisation des polymères dans l'industrie du marbre et du petit granit

Enige aspekten van het gebruik van polymeren in de marmer- en hardsteennijverheid

Jean BRICTEUX *

RESUME

Les propriétés d'adhésivité que possèdent certaines résines pour un grand nombre de matériaux ont été appliquées à trois domaines de l'industrie du marbre et du petit granit : le collage, l'imprégnation de fissures, la fabrication de béton résineux.

Les colles à base de résines polyesters ou époxydes peuvent apporter des solutions techniques intéressantes, notamment pour la préparation de pièces préfabriquées; leurs performances dépendent cependant de la charge incorporée.

Des tablettes rendues inutilisables par la présence de fissures sont consolidées en y faisant pénétrer, avec l'aide du vide, une résine suffisamment fluide. Dans certains cas, les valeurs des résistances en flexion sont proches de celles de plaques saines.

Une fabrication de blocs de béton résineux de 600 kg a été mise au point à partir de concassés agglomérés à la résine polyester. Les caractéristiques du matériau permettent son débitage en lamelles de l'ordre de 10 mm d'épaisseur qui, après polissage, peuvent être collées sur des supports variés. Cette combinaison conduit à un composite léger utilisable dans de nombreuses applications.

SAMENVATTING

De kleefeigenschappen van sommige harsen voor een groot aantal materialen werden in drie gebieden van de marmer- en hardsteennijverheid aangewend : het lijmen, het impregneren van barsten en het vervaardigen van harsachtig beton.

Vooral voor de bereiding van geprefabriceerde stukken kunnen de lijmen op basis van polyester- of epoxyhars technisch interessante oplossingen aanbrengen; hun prestaties zijn evenwel van de geïnkorporeerde vulstof afhankelijk.

Wegens het voorkomen van barsten onbruikbaar geworden bladen worden verstevigd door er d.m.v. het vacuüm een voldoende vloeibaar hars te doen indringen. In sommige gevallen benaderen de cijfers van de buigsterkte die van platen zonder barsten.

Er werd een vervaardiging van blokken harsachtig beton van 600 kg uitgewerkt waarvoor met polyesterhars geagglomereerde steenslag de basis vormde. De kenmerken van het materiaal maken het mogelijk het materiaal in 10 mm dikke stroken te zagen die na polijsting op allerhande onderlagen kunnen geplakt worden. Deze kombinatie leidt tot een licht samengesteld materiaal dat voor talrijke toepassingen kan aangewend worden.

* Docteur en Sciences, Chef de Section de Recherches à l'Institut National des Industries Extractives, rue du Chéra, B-4000 Liège.

* Doktor in de Wetenschappen, Hoofd van de Afdeling Opzoekingen, bij het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven, rue du Chéra - B-4000 Liège.

INHALTSANGABE

Das Haftvermögen einiger Harzsorten auf einer großen Anzahl von Stoffen wurde in drei Gebieten der Marmorindustrie einschließlich des belgischen Marmors angewandt : Leimung, Imprägnierung von Rissen und Herstellung van Kunstharzbeton.

Die auf der Grundlage von Polyester- oder von Epoxyharz hergestellten Leimsorten können technisch gesehen interessante Lösungen bieten, unter anderem hinsichtlich der Vorbereitung von vorgefertigten Teilen; deren Leistung ist jedoch von dem beigemengten Zusatz abhängig.

Durch Risse unbrauchbar gewordene Platten werden verstärkt, indem unter Vakuum ein ausreichend flüssiges Harz eingespritzt wird. In einigen Fällen stehen die Biegefestigkeitswerte denjenigen einwandfreier Platten nahe.

Die Herstellung von 600 kg schweren Kunstharzbetonblocken aus zerkleinerten Baustoffen, geleimt mit Polyesterharz, wurde entwickelt. Die Eigenschaften dieses Baustoffes ermöglichen eine Stückelung in ca. 10 mm dicke Platten, die nach dem Polieren auf verschiedenen Unterlagen aufgeleimt werden können. Diese Kombination ergibt einen leichten Verbundbaustoff, der vielseitige Anwendungsmöglichkeiten besitzt.

SUMMARY

The adhesive qualities which certain resins possess for a great many materials have been applied in three realms of the marble and small granite industry : sticking, impregnation of cracks, the manufacture of resinous concrete.

The polyester or epoxyde resin glues may provide interesting technical solutions, in particular for the preparation of prefabricated parts; their performances depend, however, on the incorporated filler.

Tablets rendered useless owing to cracks are consolidated by inserting a suitably fluid resin, with the aid of vacuum. In certain cases, the bending resistance values are almost the same as those of undamaged sheets.

The manufacture of blocks of resinous concrete weighing 600 kg has been developed from crushings compressed with polyester resin. The characteristics of the material allow for the production of sheets 10 mm thick which, after polishing, may be stuck on various supports. This combination produces a light composite material that can be used for a great many purposes.

L'utilisation des résines synthétiques dans l'industrie du marbre et du petit granit sera considérée sous trois aspects différents. Ces trois aspects ont un point commun : dans chacun d'eux, on tire parti des propriétés d'adhésivité que possèdent certaines résines pour un grand nombre de matériaux.

Il sera successivement question de problèmes liés :

— au collage,
— à l'imprégnation de fissures,
— à la fabrication de béton résineux.

Le premier parti que l'on peut tirer des caractéristiques d'adhésivité des résines est évidemment de les utiliser pour des collages. Les colles actuelles sont généralement à base de résines polyesters ou époxydes. Dans l'industrie du marbre et du petit granit, ce sont les colles polyesters qui sont le plus largement utilisées. Elles ne sont pas sans posséder de sérieux inconvénients : les résistances des collages sont variables suivant les produits et les conditions extérieures et le rôle de la température sur le temps de prise est prépondérant. Par ailleurs, si leur tenue est excellente sur des surfaces sèches, les résultats sont beaucoup moins satisfaisants sur des surfaces humides.

Hoe kunsthars in de marmer- en hardsteenindustrie wordt aangewend, wordt langs drie verschillende kanten bekeken; de drie aspekten hebben daarbij een punt gemeen : bij allemaal wordt voordeel gehaald uit de kleefeigenschappen van sommige harsen voor een groot aantal materialen.

Achtereenvolgens is er sprake van problemen die verband houden met :

— het lijmen,
— het impregneren van barsten,
— het vervaardigen van harsachtig beton.

Een eerste voordeel dat men uit de kleefkenmerken van hars kan trekken, is natuurlijk het te gebruiken bij het lijmen. Over het algemeen vormen polyester- of epoxyharsen het basismateriaal van de thans gebezigde lijmen. Van de polyesterlijmen wordt in de marmer- en hardsteennijverheid het meest gebruik gemaakt. Toch is het niet zo dat ze geen ernstige tekorten vertonen : de vastheid van de lijming varieert van produkt tot produkt en volgens de uitwendige omstandigheden terwijl de temperatuur een grotere rol speelt dan de bindtijd. Aan de andere kant is hun gedrag uitstekend op droge oppervlakken, maar ze schenken veel minder voldoening op vochtige oppervlakken.

Les colles époxydes, tout en étant plus faciles à utiliser, donnent de meilleurs résultats. Malheureusement, elles ont contre elles un prix nettement plus élevé.

Nous nous sommes penchés sur le problème des colles pour plusieurs raisons. D'abord, pour connaître leurs possibilités exactes; ensuite, dans le but de faciliter leur mise en œuvre et d'améliorer leurs performances; enfin, et surtout, parce que nous croyons que les adhésifs modernes peuvent apporter des solutions techniques intéressantes à de nombreux problèmes. Nous pensons plus particulièrement à la préfabrication de panneaux par collage de plaques de marbre ou de petit granit de grandes dimensions et d'épaisseur de 15, 10 ou même 5 mm sur des supports variés.

Le tableau I montre une série de valeurs de résistance en flexion pour des essais de collage sur des éprouvettes de calcaire de Dieupart. La colle est du type polyester chargée de différents types de silice. L'éprouvette est d'abord testée en flexion jusqu'à rupture dans le but d'avoir une valeur de référence: les morceaux sont ensuite recollés, puis une nouvelle mesure est réalisée. Les valeurs dans chaque cas sont une moyenne correspondant à 10 essais. Les résultats montrent que, dans les meilleures conditions, la résistance de l'éprouvette recollée n'est pas loin de la valeur de référence. Ils montrent également que la charge incorporée à la colle peut avoir une influence importante sur les performances.

Les essais continuent, d'une part, en mettant en œuvre d'autres charges que la silice et, d'autre part, en étudiant les résines époxydes.

Il est nécessaire d'étudier les époxydes en vue du collage de plaques de grandes dimensions, car

De uitslagen met epoxyharsen zijn beter terwijl deze harsen ook heelwat gemakkelijker aan te wenden zijn. Jammer genoeg hebben ze het nadeel merkbaar duurder te zijn.

Er zijn verscheidene redenen waarom wij ons over het probleem van de lijmen hebben gebogen. Ten eerste willen wij hun juiste mogelijkheden kennen, ten tweede beogen wij een gemakkelijker verwerking en ten derde, en vooral daarom, zijn wij de mening toegedaan dat de moderne kleefmiddelen voor talrijke problemen technisch interessante oplossingen kunnen leveren. Meer in het bijzonder gaan onze gedachten naar het prefabriceren van panelen waarbij vrij grote platen marmer of hardsteen met een dikte van 15, 10 of zelfs 5 mm op allerhande onderlagen worden geplakt.

In tabel I wordt in een reeks cijfers aangegeven hoe groot de buigsterkte is bij lijmproeven met proefstukjes Dieupart-kalksteen. De lijm is een polyestertype waaraan verschillende soorten kiezel werden toegevoegd. Bij een eerste test werd het proefstuk gebogen tot het brak om een referentecijfer te hebben; dan werden de stukken opnieuw aan elkaar geplakt en vervolgens weer gemeten. Voor elk geval zijn de cijfers een gemiddelde dat met 10 proeven overeenkomt. Uit de uitslagen blijkt dat de sterkte van het herplakte proefstukje in de beste omstandigheden niet ver van het refertecijfer ligt. Ook tonen ze aan dat de bij de lijm geïnkorporeerde toeslagstof de prestaties aanzienlijk kan beïnvloeden.

De proefnemingen gaan door : enerzijds worden andere vulstoffen dan kiezel ingezet en anderzijds worden de epoxyharsen bestudeerd.

Het bestuderen van de epoxyharsen is een noodzaak met het oog op het lijmen van platen

TABLEAU I

Essais de collage sur éprouvettes de calcaire de Dieupart

Valeurs des résistances en flexion

(Résine polyester FR + différents types de silice)

TABEL I

Lijmproeven met proefstukjes van Dieupart-kalksteen

De buigsterkte in cijfers

(polyesterhars FR + verschillende types van kiezel)

N° colle *Nr. lijm*	Résistance *Sterkte* *(kg/cm²)*	Coefficient de variation *Variatiekoëfficiënt* (%)
I	181	17,7
II	203	19,3
III	203	32,8
IV	220	15,6
Référence *Refere*	240	20,7

les résines polyesters subissent un léger retrait au cours de la polymérisation et ce retrait pourrait provoquer un gauchissement du support.

La figure 1 montre un collage de plaques de 7 - 8 mm d'épaisseur, préalablement taillées à la main, sur des pavés en ciment de 30 × 30 cm.

met grote afmetingen want de polyesterharsen krimpen lichtjes tijdens de polymerisering wat een kromming van de onderlaag zou kunnen teweegbrengen.

Op figuur 1 zien wij vooraf met de hand gesneden platen van 7 - 8 mm dik die op cementen vloerstenen van 30 × 30 cm werden geplakt.

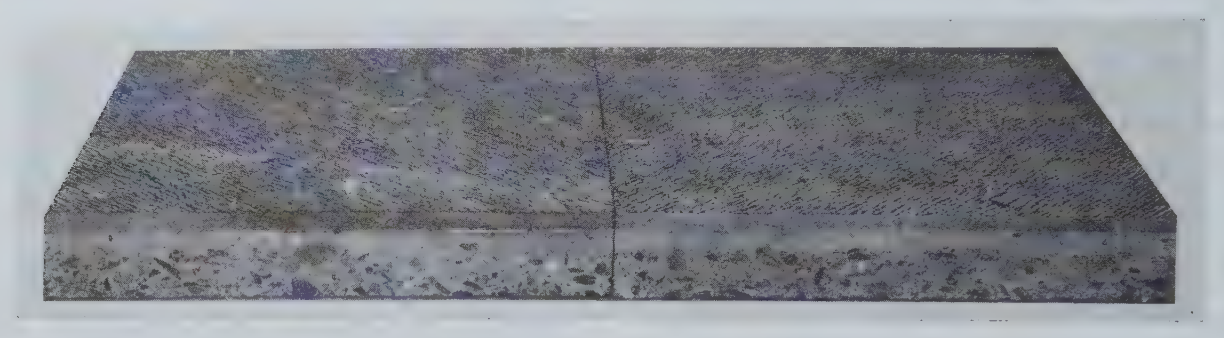


Fig. 1.
Collage de plaques préalablement taillées.
Het lijmen van vooraf gesneden platen.

La figure 2 représente également un collage sur un pavé du même type. Mais ici, au contraire, la plaque de 5 mm d'épaisseur a d'abord été collée, puis, à l'aide d'une machine automatique, une moitié a été bouchardée et l'autre taillée. Au départ de plaques de petit granit de 1 cm d'épaisseur par exemple, préalablement collées sur support et à l'aide de cette machine qui permet de traiter plusieurs m²/h, on pourrait probablement réaliser des panneaux décoratifs dans des conditions économiques intéressantes.

En ce qui concerne maintenant la deuxième étude, c'est-à-dire l'imprégnation, nous l'avons entreprise dans le but de consolider les plaques ou tablettes rendues inutilisables par la présence de fissures. Le problème était de faire pénétrer dans la fissure la résine rendue suffisamment fluide.

Ook figuur 2 is een afbeelding van een vloersteen van hetzelfde type waarop een plaat werd geplakt. Maar hier werd de 5 mm dikke plaat daarentegen eerst geplakt en daarna werd een helft d.m.v. een automatische machine gewalst en de andere helft afgesneden. Uit hardsteenplaten van 1 cm dik bijvoorbeeld die vooraf op een onderlaag werden geplakt d.m.v. deze machine waarmee verscheidene m²/h kunnen behandeld worden, zouden waarschijnlijk dekoratieve panelen in ekonomisch interessante voorwaarden kunnen gefabriceerd worden.

Het doel van onze tweede studie nl. het bestuderen van de impregnatie, was de versteviging van platen of bladen die omwille van het voorkomen van barsten onbruikbaar zijn geworden. Het probleem hierbij was het voldoend vloeibaar gemaakte hars in de barsten te doen dringen.

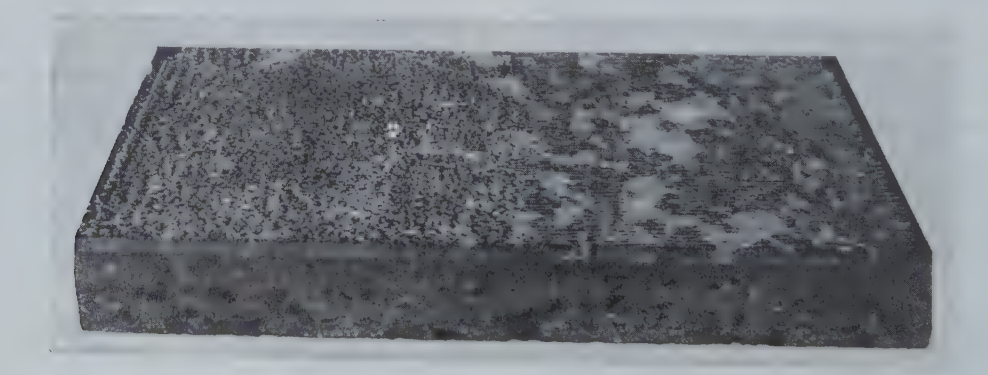
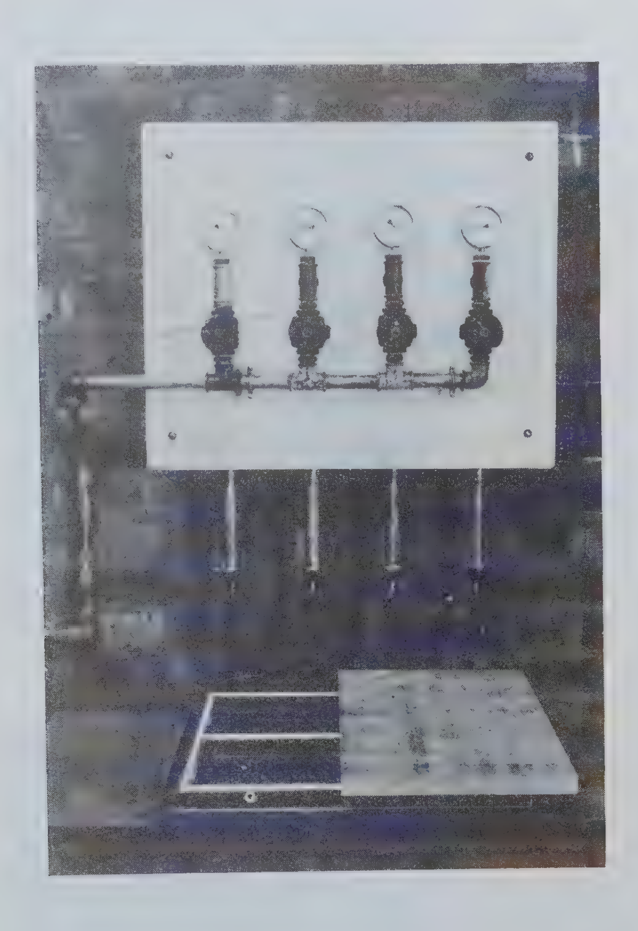


Fig. 2.
Plaque de 5 mm collée puis taillée à la machine.
5 mm dikke plaat die werd geplakt en daarna met de machine gesneden.

Nous avons résolu ce problème en construisant ce que nous avons appelé une table d'imprégnation (fig. 3).

De oplossing voor dit vraagstuk zochten en vonden wij in de bouw van wat wij een impregneertafel hebben genoemd (fig. 3).



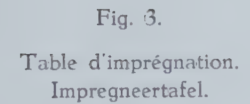


Fig. 3.
Table d'imprégnation.
Impregneertafel.

Cette table carrée de 40 × 40 cm de côté est divisée en quatre parties de 20 × 20 cm. Chacune de ces parties forme une sorte de petit casier qui est raccordé à une pompe à vide. Des vannes et des dépressiomètres permettent de régler et de mesurer le vide. Un joint de silicone est logé dans une encoche sur tout le pourtour de l'ensemble.

La plaque à traiter est déposée sur la table et, suivant ses dimensions, on utilise une partie ou l'entièreté de la surface. Grâce au joint de silicone, il y a étanchéité parfaite et il se crée une dépression. En déposant la résine à l'endroit fissuré, il y a aspiration, pénétration et colmatage de la fissure. La plaque se trouve ainsi renforcée.

Le tableau II donne des valeurs de résistance en flexion de plaques traitées.

Avant traitement, la résistance peut être considérée comme pratiquement nulle et l'on voit que, dans certains cas, l'amélioration est sensible. Chaque cas est évidemment un cas d'espèce et il faut régler la fluidité de la résine et la valeur du vide. Avec un peu d'expérience, cet ajustement est assez aisé à réaliser.

Deze vierkante tafel met zijden van 40 cm wordt in vier delen van 20 × 20 cm verdeeld. Elk deel vormt een soort vakje dat op een vacuümpomp is aangesloten. Met afsluiters en onderdrukmeters kan het vacuüm geregeld en gemeten worden. Rondom het geheel zit een siliconedichting in een gleuf.

De te behandelen plaat wordt op de tafel gelegd en naargelang van haar afmetingen wordt het oppervlak geheel of gedeeltelijk gebruikt. De siliconedichting zorgt voor een perfekte afdichting en er wordt een onderdruk geschapen. Het hars wordt op de gebarsten plaats aangebracht : er is aanzuiging, doordringing en demping van de barst. Zo wordt de plaat verstevigd.

Tabel II geeft in een reeks cijfers aan hoe groot de buigsterkte van behandelde platen is.

Voor de behandeling kan de sterkte praktisch als nul worden beschouwd en in bepaalde gevallen is er, zoals men kan zien, een aanmerkelijke verbetering. Elk geval is natuurlijk enig in zijn soort en de vloeigraad van het hars alsmede de waarde van het vacuüm dienen geregeld. Met wat ervaring is het niet zo moeilijk deze aanpassing uit te voeren.

TABLEAU II

Imprégnation de calcaire de Dieupart
Valeurs des résistances en flexion

TABEL II

Impregnatie van Dieupart-kalksteen
De buigsterkte in cijfers

Résines d'imprégnation *Impregnatieharsen*	Résistance (kg/cm²) *Sterkte (kg/cm²)*	Coefficient de variation *Variatiekoëfficiënt* (%)
Polyester	20	40,9
Polyester-Styrène (9 %)	68	30,8
Polyuréthane-Xylène (40 %)	154	49,3
Polyuréthane-Xylène (50 %)	201	26,3
Polyuréthane-Xylène (70 %)	119	57,1

Ces essais sont encore en cours et actuellement des résines époxydes sont expérimentées.

Les figures 4 et 5 montrent l'aspect des plaques avant et après traitement. Avant le traitement, la fissure est mise en évidence par absorption d'eau. Après traitement, il n'y a plus d'absorption d'eau et la fissure est à peine visible.

Il reste maintenant, en plus d'essais à l'aide d'époxydes, à tenter de colorer la résine de façon à donner à la fissure un aspect de veine naturelle.

Le dernier point concerne les bétons résineux.

Un béton résineux est un béton dans lequel on a substitué une résine synthétique à la pâte classique de ciment et d'eau. Nous nous trouvons donc en présence d'une résine fortement chargée de matières minérales.

Un béton résineux se compose généralement de 5 à 20 % de résine, le plus souvent polyester ou époxyde, et de 95 à 80 % de charges minérales assez grossières dont la répartition granulométrique peut varier, suivant les cas, dans un intervalle assez large.

La résine confère à ce nouveau matériau des caractéristiques mécaniques nettement supérieures à celles du béton classique.

A titre d'exemple, la résistance à la compression de ces bétons vaut en général 2 à 3 fois celle du béton classique et leur résistance à la traction est de 5 à 7 fois plus grande. Leur résistance chimique est également supérieure et l'absorption d'eau est inférieure à 0,5 %.

Ce matériau a très rapidement trouvé de nombreux débouchés. Voici quelques exemples d'utilisations réalisées à partir d'un béton de résine polyester et de charges minérales de nature siliceuse : caniveaux pour le chauffage urbain et pour l'écoulement des eaux, avaloirs d'égouts, tuyaux pour eaux corrosives, pieux pour clôture,

Deze proeven zijn nog aan de gang en thans wordt met epoxyharsen geëxperimenteerd.

Op de figuren 4 en 5 kan men bekijken hoe de platen voor en na de behandeling er uit zien. Voor de behandeling is de barst duidelijk merkbaar door de opslorping van water. Na de behandeling wordt het water niet meer opgeslorpt en de barst is nog nauwelijks zichtbaar.

Buiten de proeven met epoxyharsen moeten wij nu nog proberen het hars zodanig te kleuren dat de barst het uitzicht van een natuurlijke ader heeft.

Het laatste punt betreft het harsachtige beton.

Harsachtig beton is beton waarin kunsthars de plaats heeft ingenomen van de klassieke brij van cement en water. Wij staan hier dus voor hars waaraan in hoge mate minerale stoffen werden toegevoegd.

Over het algemeen bestaat harsachtig beton uit 5 tot 20 % hars — meestal polyester- of epoxyhars — en 95 tot 80 % vrij grove minerale vulstoffen waarvan de korrelverdeling naargelang van het geval een vrij uitgestrekt domein kan bestrijken.

Het hars geeft dit nieuwe materiaal mechanische kenmerken die dergelijke eigenschappen van klassiek beton duidelijk overtreffen.

Bijvoorbeeld : bij dit beton is de drukvastheid over het algemeen twee- tot driemaal zo groot als bij klassiek beton en zijn treksterkte is vijf- tot zevenmaal groter. De scheikundige weerstand ligt eveneens hoger en de wateropslorping bedraagt minder dan 0,5 %.

Dit materiaal heeft zeer snel heelwat afzetgebieden gevonden. Hier volgen enkele voorbelden van zaken waarvoor het wordt gebruikt; het zijn verwezenlijkingen op basis van polyesterharsbeton en van kiezelachtige minerale vulstoffen : leidingkanalen voor wijkverwarming en voor de afvoer van water, rioolkolken, leidingen voor

Fig. 4 et 5.
Plaques fissurées traitées à la résine : absorption d'eau avant et après traitement.

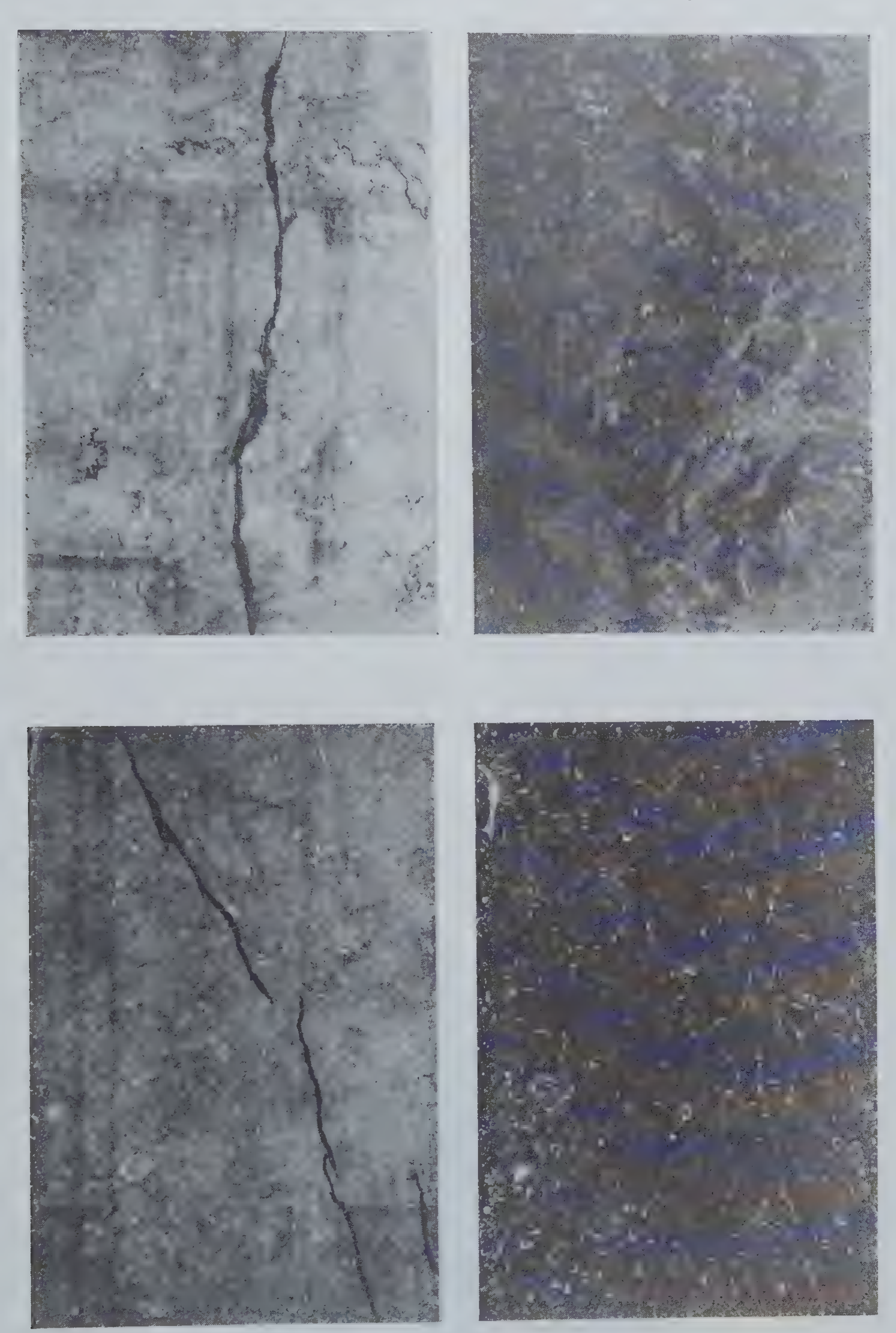


Fig. 4 en 5.
Met hars behandelde gebarsten platen : wateropslorping voor en na de behandeling.

dalles et, en général, différents éléments plats ou bombés produits sans armatures.

Ces utilisations peuvent être classées dans le domaine de l'utilitaire et du préfabriqué.

korrosief water, omheiningspalen, tegels en over het algemeen verschillende vlakke of gewelfde elementen die zonder wapening worden vervaardigd.

Hun gebruik kan in het domein van het utilitaire en van het geprefabriceerde worden ondergebracht.

Jusqu'à présent, nous nous sommes plus particulièrement penchés, à INIEX, sur les applications des bétons de résine polyester dans le domaine du décoratif. Cette recherche se situe dans le cadre d'une étude générale sur l'incorporation, en vue de leur valorisation, des charges minérales dans les matières plastiques, avec — dans ce cas particulier — un objectif plus précis : celui de récupérer une partie des déchets de carrières.

Nous mettons au point à INIEX une ligne pilote pour la fabrication de blocs de reconstitués de marbre ou de petit granit. Des blocs de plus de 600 kg ont été coulés à partir de mélanges contenant de 12 à 14 % de résine polyester et des concassés de granulométries diverses suivant l'aspect souhaité.

La figure 6 montre une vue de la ligne pilote avec les trémies d'alimentation, le mélangeur où se réalise le mélange pierre-résine. Ce mélange est ensuite déversé dans le moule placé sur une table vibrante. Les dimensions du moule sont les suivantes : 1,25 × 0,65 × 0,40 m.

Des blocs de 600 kg ont été obtenus dans ces conditions. Les caractéristiques mécaniques du matériau permettent son débitage en lamelles de 10 mm d'épaisseur. Après avoir été polies, ces lamelles peuvent être collées sur des supports variés, comme le bois, la brique, les mousses expansées. Cette combinaison conduit à un composite léger utilisable pour la fabrication de cloisons, de lambris, d'éléments de façade.

Tot nog toe hebben wij bij het NIEB meer in het bijzonder aandacht besteed aan de toepassing van polyesterharsbeton in het dekoratieve domein. Dit onderzoek gebeurt binnen het kader van een algemene studie over de inkorporering van minerale vulstoffen in kunststoffen met het oog op hun valorisatie, en wel met een zeer precies doel in dit bijzondere geval : de terugwinning van een gedeelte van de afval in groeven.

Bij het NIEB werken wij een pilootlijn uit voor de vervaardiging van blokken heropgebouwde marmer of hardsteen. Er werden blokken van meer dan 600 kg gegoten uit mengsels met 12 tot 14 % polyesterhars en steenslag van diverse korrelgrootte naargelang van het gewenste uitzicht.

Figuur 6 is een opname van de pilootlijn met de voedingstrechters en de menger waarin steen en hars worden gemengd. Dan wordt het mengsel gestort in een gietvorm die op een triltafel staat en die de volgende afmetingen heeft : 1,25 × 0,65 × 0,40 m.

In die voorwaarden werden blokken van 600 kg gegoten. Door de mechanische kenmerken van het materiaal kunnen wij het in plaatjes van 10 mm dik zagen. Nadat ze gepolijst zijn, kunnen deze plaatjes op diverse onderlagen worden geplakt b.v. hout, baksteen en geëxpandeerd schuim. Deze kombinatie leidt tot een licht samengesteld materiaal dat voor de vervaardiging van beschotten, wandbekleding en gevelelementen kan gebruikt worden.

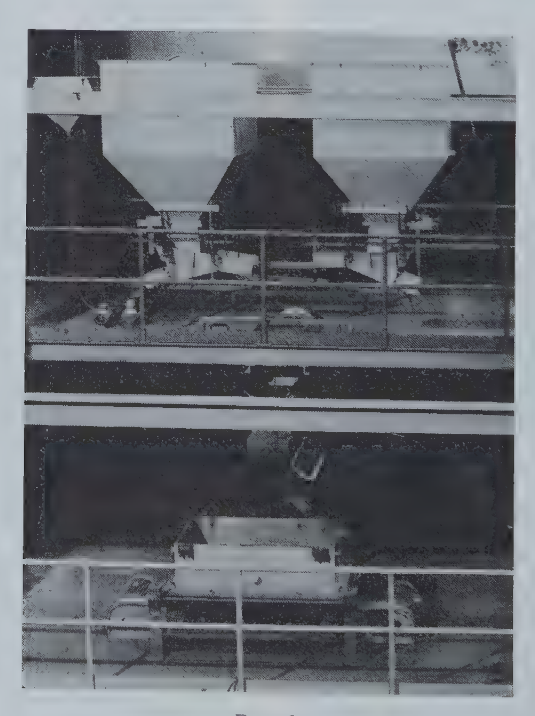


Fig. 6.

Installation pilote de préparation des pâtes.
Proefinstallatie voor de bereiding van de brij.

L'aspect du matériau dépend de la granulométrie et peut être modifié, soit au moyen de pigments, soit par incorporation de pierres de teintes différentes.

Une technique tout à fait différente, qui a été utilisée avec succès à INIEX, est le dépôt direct, par laminage, de béton résineux sur un support préencollé. Un ponçage ultérieur fait apparaître les grains en surface. La granulométrie à mettre en œuvre est fonction de l'épaisseur de la couche que l'on désire obtenir. Cette technique apparaît pleine de promesses, notamment pour la réalisation de cloisons.

Pour terminer, nous dirons quelques mots, à titre d'information, d'un type de béton résineux que les Américains appellent « plastics marble » ou « marbre plastique » et qui, pour certains, présente un aspect décoratif intéressant. La technique de fabrication est simple. Le matériau contient environ 20 % de résine et 80 % de fines de nature le plus souvent calcaire. Ce marché se développe de plus en plus et, d'après les prévisions américaines, le niveau des ventes pour les « plastics marble » passerait de 25 millions de dollars en 1968 à 500 millions de dollars en 1975.

Le volume total du marché des « plastics marble » atteindrait 2300 millions de livres en 1975, soit plus de 1 million de tonnes, soit encore environ 250.000 tonnes de résine et 750.000 tonnes de charges minérales. Voilà peut-être un débouché pour des matières minérales qui, pour cette application, peuvent être de nature assez grossière pourvu qu'une certaine répartition granulométrique soit respectée.

Les tendances et goûts américains sont évidemment différents des goûts européens. Cependant, ce qui se passe aux Etats-Unis est souvent la préfiguration de ce qui se passera en Europe quelques années plus tard.

Le « plastics marble », qui concurrence déjà la pierre naturelle dans certaines de ses applications, comme c'est le cas pour les monuments funéraires, peut étendre sa concurrence à d'autres domaines. C'est là une note peu réjouissante, mais à laquelle on doit être attentif et qui se devait d'être évoquée au cours de cette journée d'information.

Nous croyons cependant que les colles à base de résine, après avoir donné un nouvel essor à l'industrie du bois, sont susceptibles d'apporter plusieurs solutions techniques intéressantes à l'industrie de la pierre et de lui ouvrir ainsi de nouveaux marchés.

Het uitzicht van het materiaal is afhankelijk van de korrelgrootte en kan d.m.v. pigmenten ofwel door inkorporering van stenen met verschillende tinten worden gewijzigd.

Een totaal verschillende techniek die met goed gevolg bij het NIEB werd aangewend, bestaat erin harsachtig beton door lamineren rechtstreeks aan te zetten op een vooraf gelijmde onderlaag. Een latere polijsting doet de korrels aan het oppervlak verschijnen. Welke korrelgrootte dient ingezet, is afhankelijk van de gewenste dikte van de laag. Deze techniek schijnt heelwat te beloven, inzonderheid voor de vervaardiging van beschotten.

Tot slot nog enkele woorden ter inlichting over een type van harsbeton dat de Amerikanen « plastic marble » of « plastiekmarmer » noemen en dat voor bepaalde zaken een interessant dekoratief uitzicht biedt. De fabrikagetechniek is eenvoudig. Het materiaal bevat ongeveer 20 % hars en 80 % meestal kalksteenachtige fijne stoffen. Deze markt breidt zich meer en meer uit en volgens de Amerikaanse ramingen zou het verkoopcijfer voor de « plastics marble » van 25 miljoen dollar in 1968 gaan naar 500 miljoen dollar in 1975.

In totaal zou het volume van de markt der « plastics marble » 2300 miljoen pond bereiken in 1975 d.w.z. meer dan 1 miljoen ton of nog : ongeveer 250.000 ton hars en 750.000 ton minerale vulstoffen. Ziedaar misschien een afzetgebied voor kunststoffen die voor deze toepassing vrij grof mogen zijn op voorwaarde dat een zekere korrelverdeling wordt geëerbiedigd.

De Amerikaanse bedoelingen en smaak verschillen natuurlijk van de Europese. Toch is wat er in de USA gebeurt, vaak de prefiguratie van wat er enkele jaren later in Europa geschiedt.

De « plastics marble » die reeds konkurreert met de natuursteen voor sommige toepassingen zoals bijvoorbeeld de grafmonumenten, kan zijn konkurrentie tot andere domeinen uitbreiden. Dit is een weinig verheugende kanttekening waaraan de nodige aandacht dient besteed en waaraan op deze studiedag diende herinnerd te worden.

Wij blijven nochtans geloven dat de lijmen op basis van hars, nadat ze een nieuwe vlucht hebben gegeven aan de houtnijverheid, verscheidene technisch interessante oplossingen kunnen aanbrengen voor de steennijverheid en zo ervoor nieuwe markten kunnen openen.

Valorisation de produits pierreux sous forme de charges pour matières plastiques

Het valoriseren van steenachtige produkten in de vorm van toeslagmateriaal voor kunststoffen

Claude MICHAUX *

RESUME

Parmi les divers additifs couramment incorporés dans les matières plastiques afin d'en modifier les caractéristiques, les charges et en particulier celles d'origine minérale occupent une place importante. Cependant, pour obtenir un résultat optimum dans l'amélioration des performances de la résine de base, il est nécessaire de disposer de produits parfaitement élaborés dont les propriétés chimiques et physiques sont bien adaptées et très reproductibles; il faut considérer notamment la dimension et la forme des particules, la densité, les phénomènes liés à la nature et à l'état de surface, le pH, l'acidité, l'alcalinité, la résistance chimique, les propriétés thermiques et électriques, la blancheur, l'indice de réfraction, la couleur, la dureté, l'analyse chimique.

L'intérêt économique d'une valorisation de certains produits belges sous forme de charge minérale dans les matières plastiques réside dans le prix de vente élevé que l'on peut pratiquer plutôt que dans les quantités susceptibles d'être commercialisées. L'industrie extractive belge pourrait envisager, selon les cas, l'incorporation dans les matières plastiques de variétés ou de sous-produits existants sans dépense supplémentaire ou moyennant un traitement peu coûteux ou encore la création de nouvelles installations de traite-

* Ingénieur civil chimiste A.I.Lg.,
Chargé de Recherches à l'INIEX,
rue du Chera - B-4000 Liège.

SAMENVATTING

Bij de diverse toevoegmiddelen die gewoonlijk in kunststoffen worden geïnkorporeerd om hun kenmerken te wijzigen, nemen de vulstoffen en met name het vulmateriaal van minerale oorsprong een ruime plaats in. Om de prestaties van het basishars zo goed mogelijk te kunnen verbeteren, zijn perfekt gemaakte produkten met goed aangepaste en zeer reproduceerbare fysieke en chemische eigenschappen een noodzaak; inzonderheid dienen te worden bekeken : de afmeting en de vorm van de deeltjes, de dichtheid, de met aard en oppervlaktestaat verbonden verschijnselen, de pH, de zuurtegraad, het basegetal, de chemische weerstand, de termische en elektrische eigenschappen, de witheid, de brekingsindex, de kleur, de hardheid en de scheikundige ontleding.

Het ekonomische belang van een valorisatie van sommige Belgische produkten in de vorm van minerale toeslag in kunststoffen ligt eerder in de hoge verkoopprijs die kan worden toegepast dan in de hoeveelheid die in de handel kan worden gebracht. De Belgische extraktieve nijverheid zou naargelang van het geval aan het volgende kunnen denken : in de kunststoffen variëteiten of bestaande nevenprodukten inkorporeren zonder bijkomende uitgaven te doen of mits een niet erg dure behandeling uit te voeren ofwel nog

* Burgerlijk Scheikundig Ingenieur A.I.Lg.,
Gekommitteerd onderzoeker bij het NIEB,
rue du Chéra - B-4000 Luik.

ment destinées à la production de charges minérales très élaborées et d'un prix de vente plus élevé.

nieuwe verwerkingsinstallaties voor de produktie van zeer grondig bewerkte minerale vulstoffen met een hogere verkoopprijs oprichten.

INHALTSANGABE

Unter den verschiedenen Zusätzen, die gewöhnlich den Kunststoffen zur Abänderung derer Eigenschaften beigemengt werden, fallen die Füllstoffe, und insbesondere diejenigen mineralischer Herkunft, schwer ins Gewicht. Um die Optimalwirkung in einer erhöhten Leistung des Grundharzes zu erzielen, ist es erforderlich, erstklassige, ausgearbeitete Erzeugnisse zur Hand zu haben, deren chemische sowie physikalische Eigenschaften bestens angepaßt und getreu reproduzierbar sind. Es sind u.a. zu berücksichtigen : das Ausmaß und die Form der Partikeln, die Dichte, die mit der Oberflächenbeschaffenheit bzw. mit dem Oberflächenzustand im Zusammenhang stehenden Erscheinungen, der pH-Wert, der Säuregrad, die Alkalinität, der chemische Widerstand, die wärme- und elektrischen Eigenschaften, die Weiße, der Refraktionskoeffizient, die Farbe, die Härte, die chemische Zusammensetzung.

Das Interesse einer wirtschaftlichen Auswertung einiger belgischen Erzeugnisse, in der Form von mineralischen Füllstoffe in den Kunststoffen, beruht eher in dem hohen Verkaufspreis der verlangt werden kann, als in den zum Vertrieb bereitstehenden Mengen. Von Fall zu Fall könnte die belgische Bergbauindustrie die Einbeziehung von bestehenden Produkten oder Nebenprodukten in die Kunststoffe ohne zusätzlichen Aufwand oder mittels einer wenig kostspieligen Bearbeitung ins Auge fassen. Sie könnte ebenfalls darüber hinaus die Schaffung neuer Bearbeitungsanlagen für die Erzeugung von hochwertigen mineralischen Füllstoffe zu einem höheren Verkaufspreis planen.

SUMMARY

Among the various additives that are commonly incorporated in plastic materials in order to change the characteristics of the latter, the fillers, and particularly those of mineral origin, occupy an important position. However, in order to obtain the best possible result in the improvement of the performance of the basic resin, it is necessary to be able to use perfectly elaborated products with chemical and physical properties that are well adapted and reproducible; in particular, we must consider the size and shape of the particles, the density, the phenomena linked with the nature and condition of the surface, the pH, the acidity, the alkalinity, the chemical resistance, the thermic and electric properties, the whiteness, the refraction index, the colour, the hardness, the chemical analysis.

The economic interest of the valorization of certain Belgian products in the form of a mineral filler in plastic materials, reside in the high sale prices that can be obtained rather than the quantities likely to be put into the market. The Belgian extractive industry might envisage incorporating in plastic materials existing varieties or by-products, as the case may be, without any additional expense, or by an extremely inexpensive treatment; or else, setting up new installations for the production of very elaborate mineral fillers and a higher sales price.

Il existe actuellement sur le marché une grande variété de matières plastiques appartenant à de nombreux types différents et possédant chacune des caractéristiques particulières.

La possibilité de modifier les propriétés chimiques et physiques des résines de base, mais aussi l'introduction dans celles-ci d'additifs divers, permettent en pratique au transformateur d'élaborer des produits répondant à des exigences de qualité bien précises aussi bien du point de vue économique que technique. C'est à partir des multiples possibilités d'adaptation ainsi offertes que la réalisation de pièces bien conçues et à caractère durable devient possible dans des domaines aussi variés que ceux de l'industrie, de la construction ou du ménager.

De kunststofmarkt biedt op dit ogenblik een grote verscheidenheid : de produkten behoren tot talrijke verschillende types en ze hebben allemaal hun bijzondere kenmerken.

Doordat de scheikundige en fysieke eigenschappen van de basisharsen kunnen gewijzigd worden en mede doordat verschillende additieve middelen kunnen worden toegevoegd, is de verwerker in staat in de praktijk produkten te maken die zowel ekonomisch als technisch aan welbepaalde kwaliteitseisen voldoen. Hierdoor zijn er heelwat aanpassingsmogelijkheden en op basis daarvan wordt het mogelijk goed ontworpen stukken van duurzame aard te verwezenlijken in gevarieerde domeinen als daar zijn de bouwnijverheid of de huishoudnijverheid.

Il est donc primordial de choisir judicieusement, d'une part, les résines à utiliser et, d'autre part, la nature et le pourcentage des additifs à y incorporer pour obtenir un résultat optimum. Parmi ces divers produits couramment additionnés à la résine pure afin d'en modifier les caractéristiques, les charges ou fillers occupent une place importante.

En ce qui concerne les charges minérales, on considère :

— soit l'incorporation massive de charges : c'est le cas des bétons résineux, qui sont plus particulièrement traités dans l'article de M. Bricteux;

— soit l'incorporation, en quantités beaucoup moins importantes, de charges aux propriétés chimiques et physiques bien définies : c'est le cas de l'amélioration des performances des matières plastiques qui fait l'objet de cette communication.

Le tableau I reprend les principaux types de charges utilisées dans les matières plastiques. Dans une première subdivision sont classées des charges qui, obtenues par une préparation physique à partir de produits naturels, sont couramment utilisées dans l'industrie des matières plastiques. Nous avons regroupé, sous le vocable autres charges, le groupe important du verre, des métaux, des oxydes métalliques, des produits de synthèse obtenus chimiquement et des charges spéciales conférant des caractéristiques particulières. On y rencontre des formes physiques très diverses.

Dans ce tableau, on se rend compte du grand nombre des charges rencontrées et, si plusieurs d'entre elles sont préparées à partir de produits pierreux, leur élaboration doit être soigneusement étudiée et leurs caractéristiques bien définies. En effet, en incorporant une matière inorganique dans une matrice polymérique, on met en présence deux matériaux différents dont les propriétés physiques et chimiques auront une influence sur les performances du composite ainsi constitué.

Par conséquent, la réussite complète dans l'obtention d'un produit fini meilleur dépend, d'une part, du soin et de la succession judicieuse dans la préparation et le traitement éventuel de la charge utilisée et, d'autre part, d'une connaissance des phénomènes d'interaction charge-résine et du rôle exact du composé inorganique dans la résine de base.

Om het beste eruit te halen is het dus van primordiaal belang dat enerzijds een goede keuze gedaan wordt tussen de te gebruiken harsen en anderzijds aard en percentage van de te inkorporeren toevoegmiddelen oordeelkundig uit te zoeken. Bij de diverse produkten die gewoonlijk aan het zuivere hars worden toegevoegd om zijn kenmerken te wijzigen, nemen de vulstoffen of fillers een belangrijke plaats in.

Voor de minerale vulstoffen wordt gedacht aan :

— hetzij de massale inkorporering van toeslagmateriaal : dit is het geval voor het harsachtige beton waarover meer in het bijzonder in het artikel van de heer Bricteux wordt gesproken;

— hetzij aan de inkorporering van vulstoffen met welbepaalde chemische en fysieke eigenschappen in veel minder grote hoeveelheden : dit is het geval voor de verbetering van de prestaties van de kunststoffen, het onderwerp van deze mededeling.

Op tabel I staan de voornaamste vulstoftypes aangegeven die bij de kunststoffen worden aangewend. Een eerste onderverdeling groepeert de vulstoffen die het resultaat zijn van een fysieke bereiding op basis van natuurlijke produkten en die in de kunststofnijverheid dagelijks worden gebruikt. Onder de hoofding « Overige vulstoffen » worden geklasseerd : de belangrijke groep van het glas, de metalen, de metaaloxyden, de scheikundig bekomen synteseprodukten en de speciale vulstoffen die bijzondere kenmerken verlenen. Men komt er zeer diverse fysieke vormen tegen.

Aan de hand van deze tabel kan men zich rekenschap geven van het grote aantal bestaande vulstoffen en al worden sommige ervan op basis van steenachtige produkten bereid, hun bewerking moet zorgvuldig worden bestudeerd en hun kenmerken goed omschreven. Bij het inkorporeren van een anorganische stof in een polymeermatrijs worden immers twee verschillende materialen bij elkaar gebracht waarvan de scheikundige en fysieke eigenschappen de prestaties van het zo gevormde samengestelde materiaal beïnvloeden.

Wil men er bijgevolg volledig in slagen een beter afgewerkt produkt te bekomen, dan is dit enerzijds afhankelijk van de zorg en van de oordeelkundige opeenvolging bij de bereiding en de eventuele behandeling van de aangewende vulstof en anderzijds van de kennis van de wisselwerkingsverschijnselen vulstof-hars en van de juiste rol van de anorganische verbinding in het basishars.

Tableau I

Principaux types de charges inorganiques pour matières plastiques

Tabel I

Voornaamste types van anorganische vulstoffen voor kunststoffen

Charges courantes obtenues par une préparation physique à partir de produits naturels
Dagelijks gebruikte vulstoffen die op basis van natuurlijke produkten fysiek werden bereid

A. SILICES KIEZEL a) Diatomées Diatomeeënaarde b) Quartz Kwarts c) Sable Zand d) Tripoli Tripoli B. SULFATES SULFAAT Barytine Bariumsulfaat	C. SILICATES SILIKAAT a) Amiante Amiant b) Kaolin Kaolien c) Mica Mika d) Néphéline syénite Syenietnefelien e) Talc Talk f) Wollastonite Wollastoniet	D. CARBONATES KARBONAAT a) Craie Krijt b) Calcaire Kalksteen c) Dolomie Dolomiet d) Marbre Marmer

Autres charges
Overige vulstoffen

A. VERRE : lamelles, sphères, produits broyés, fibres et tissus
GLAS : plaatjes, bollen, gemalen produkten, vezels en weefsels

B. METAUX : poudres, fibres, filaments
METAAL : poeders, vezels, filamenten

C. OXYDES METALLIQUES : poudres, whiskers
METAALOXYDEN : poeders, whiskers

D. DIVERS : — produits de synthèse : carbonates, silices, silicates, sulfates;
— disulfure de molybdène, ferrite de baryum, hydroxides, magnétite, whiskers
ALLERLEI : — synteseprodukten : karbonaat, kiezel, silikaat, sulfaat;
— molybdeendisulfide, bariumferriet, hydroxyde, magnetiet, whiskers

Le tableau II donne un exemple d'une fiche technique qui énumère les principales caractéristiques et constantes à définir dans le cas d'une matière de charge. Il s'agit d'un carbonate de calcium de provenance américaine dont il existe d'autres qualités disponibles et dont certaines variétés sont préconisées comme charges dans les matières plastiques.

Afin d'illustrer plus précisément la nécessité d'étudier soigneusement de tels paramètres de présentation, nous allons passer en revue quelques exemples qui mettent en évidence l'influence de ces paramètres sur la qualité des produits obtenus.

La *dimension et la forme des particules* sont des caractéristiques qu'il faut considérer particu-

Tabel II is een voorbeeld van een technische steekkaart met de hoofdkenmerken en de konstanten die bij een vulstof dienen bepaald. Het gaat hier om een calciumkarbonaat van Amerikaanse herkomst waarvan er andere beschikbare kwaliteiten bestaan en waarvan sommige variëteiten als vulstof in kunststoffen worden aangeprezen.

Om beter te illustreren hoe noodzakelijk het is dergelijke uitvoeringsparameters zorgvuldig te bestuderen, geven wij een overzicht van enkele voorbeelden waarin de invloed van die parameters op de kwaliteit van de produkten wordt aangetoond.

De afmeting en de vorm van de deeltjes zijn kenmerken die men bijzonder in het oog dient

Tableau II

*Exemple de fiche technique d'une charge**

Tabel II

*Voorbeeld van een technische steekkaart van een vulstof**

ANALYSE GRANULOMETRIQUE — GRANULOMETRISCHE ONTLEDING

Pourcentage cumulatif de passant Kumulatief percentage onder	G. WHITE	Q-1	Q-2	Q-30	Q-31	Q-33	Q-3	Q-29	Q-35 PP	Q-4
40 Mesh (420 μ)									99,99	99,99
70 Mesh (210 μ)							99,99	99,99	99,7	99,5
100 Mesh (150 μ)				99,99	99,99	99,99	99,9	99	98	97
200 Mesh (76 μ)		99,99	99,99	99,7	99	97	94	87	82	78
325 Mesh (44 μ)	99,99	99,5	98,5	95	90	85	80	73	68	65

CONSTANTES PHYSIQUES — FYSIEKE KONSTANTEN

Diamètre moyen de la particule (μ) — Doorsneediameter van het partikel (μ)	6	10	11	12	13	15	17	20	22	25
Blancheur à sec (MgO : 98 %) — Witheid droog (MgO : 98 %)	90	87	87	87	87	87	87	86	86	86
Absorption d'huile (g huile/100 g) — Olieopslorping (g olie/100 g)	12,3	15,2	14,9	14,1	13,4	13,0	12,7	12,4	12,3	12,2
Absorption d'eau (ml/100 g) — Wateropslorping (ml/100 g)	44	44	43	41	39	37	36	35	34	34
Densité volumique moyenne (g/l) — Gemiddelde volumedichtheid (g/l)	641	721	721	801	801	881	881	881	961	961

Couleur — Kleur	blanc — wit
pH — pH	9,3
Solubilité dans l'eau — Oplosbaarheid in water	0,0035 g/100 ml, 100 °C
Alcalinité (en NaOH) — Basegetal (in NaOH)	0,2 mg/g
Indice de réfraction — Brekingsindex	1,6
Dureté — Hardheid	3 Mohs (non-abrasif) — 3 Mohs (niet-abrasief)
Coefficient d'expansion linéaire — Lineaire expansiekoëfficiënt	$4{,}3 \times 10^{-6}/°C$
Forme de la particule — Vorm van het partikel	irrégulière (uniaxiale) — onregelmatig (uniaxiaal)
Densité — Dichtheid	2,71

ANALYSE CHIMIQUE — SCHEIKUNDIGE ONTLEDING

Carbonate de Calcium ($CaCO_3$) — Calciumkarbonaat ($CaCO_3$)	97,73 %	Oxyde de Fer (Fe_2O_3) — IJzeroxyde (Fe_2O_3)	0,05 %
(en Oxyde de Calcium (CaO) — (in calciumoxyde (CaO)	54,73 %	Oxyde de Manganèse (MnO) — Mangaanoxyde (MnO)	0,023 %
Carbonate de Magnésium ($MgCO_3$) — Magnesiumkarbonaat ($MgCO_3$)	1,47 %	Oxyde de Cuivre (CuO) — Koperoxyde (CuO)	0,0005 %
Silice et Silicates (SiO_2) — Kiezel en Silikaat (SiO_2)	0,60 %	Soufre (S) — Zwavel (S)	0,033 %
Oxyde d'Aluminium (Al_2O_3) — Aluminiumoxyde (Al_2O_3)	0,08 %	Humidité (H_2O) — Vocht (H_2O) moins que — minder dan	0,10 %

* Calcium Carbonate Company, Quincy Industrial Products, littérature technique.

* Calcium Carbonate Company, Quincy Industrial Products, technische literatuur.

lièrement, car elles ont une grande influence sur de nombreuses propriétés, comme le comportement rhéologique de la résine pendant la mise en œuvre, les propriétés mécaniques et d'aspect du produit fini.

a) Au point de vue granulométrie, la plupart des inorganiques naturels utilisés dans les matières plastiques sont définis par 99 % de passant aux tamis Tyler de 200 mesh (76 μ) ou de 325 mesh (44 μ). Dans certains cas, il est nécessaire de travailler avec des charges dont la dimension des particules est inférieure à 20 μ. On peut dire d'une façon tout à fait générale que, pour un type de charge, une plus grande finesse permettra de réaliser des éléments de qualité supérieure. Cependant, il n'est pas toujours indispensable d'utiliser de hauts degrés de finesse; de plus, l'étalement granulométrique sera également un facteur à ne pas négliger. Dans l'industrie du PVC, on emploie des calcaires broyés de dimensions supérieures à 20 μ dans les sous-couches des revêtements de sols produits par enduction, tandis que des calcaires plus fins et des craies sont plus particulièrement destinés aux couches intermédiaires et de surface. Pour des articles en PVC souple, il faudra veiller à ce qu'on appelle le « blanchiment au pli »; celui-ci sera d'autant plus important que la charge est grossière et la concentration élevée.

b) La forme des particules (fig. 1) peut intervenir de différentes façons : une forme fibreuse, comme celle de l'amiante, est utilisée pour ses propriétés renforçatrices, une forme plaquette, rencontrée dans les talcs, les micas, les argiles, est intéressante pour la bonne mise en suspension dans la résine et l'élasticité conférée, une forme sphérique présente d'autres avantages aussi bien au point de vue caractéristiques de mise en œuvre que résistance du produit fini : les tensions internes seront mieux réparties dans la pièce finie que si l'on y incorpore des particules en forme de prisme plus ou moins irrégulier ou anguleux, comme dans le cas de nombreux produits broyés. Parmi les matériaux se présentant sous d'autres formes, il faut également citer les diatomées.

La densité des charges minérales (tableau III) est en général supérieure à celle de la matière plastique dans laquelle on les incorpore, ce qui permet dans certains cas particuliers d'ajuster le poids spécifique du matériau chargé, mais peut aussi constituer un inconvénient en raison de la sédimentation qui peut en résulter.

Les phénomènes liés à la nature et à l'état de surface sont très importants. Plus le pouvoir de sorption d'une charge est élevé, plus la viscosité

te houden want ze hebben een grote invloed op talrijke eigenschappen zoals het reologische gedrag van het hars tijdens de verwerking, de mechanische eigenschappen en het uitzicht van het afgewerkte produkt.

a) De korrelgrootte : voor het merendeel van de in kunststoffen gebruikte, natuurlijke anorganische stoffen wordt de granulometrie bepaald door het feit dat 99 % ervan door de zeven van Tyler van 200 mesh (76 μ) of van 325 mesh (44 μ) gaat. In sommige gevallen is het noodzakelijk te werken met vulstoffen waarvan de afmeting van de deeltjes lager ligt dan 20 μ. Heel algemeen mag men zeggen dat voor een vulstoftype elementen van betere kwaliteit kunnen verwezenlijkt worden als de fijnheid groter is. Toch is een hoge fijnheidsgraad niet altijd volkomen noodzakelijk; bovendien zal de granulometrische spreiding eveneens een niet te verwaarlozen faktor vormen. In de PVC-nijverheid gebruikt men gemalen kalksteen met afmetingen van boven de 20 μ in onderlagen van vloerbekledingen die door bestrijking worden aangebracht terwijl fijnere kalksteen en krijt meer in het bijzonder bestemd zijn voor de tussen- en oppervlaktelagen. Voor artikels van soepel PVC dient men zich te hoeden voor wat genoemd wordt « het wit worden bij het plooien »; dit zal des te meer voorkomen naarmate de vulstof ruw en de koncentratie hoog is.

b) De vorm van de partikels (fig. 1) kan op verschillende wijzen tussenbeide komen : een vezelvorm zoals die van amiant wordt gebruikt omwille van zijn versterkende eigenschappen; een plaatjesvorm zoals bij talk, mika en klei is interessant voor de goede suspendering in het hars en de verleende elasticiteit; een bolvorm biedt andere voordelen zowel inzake verwerkingskenmerken als vastheid van het eindprodukt : in het afgewerkte stuk zal de interne spanning beter verdeeld zijn als men er min of meer onregelmatige of hoekige prismavormige partikels inkorporeert zoals bij talrijke gemalen produkten het geval is. Tussen de materialen die zich in een andere vorm voordoen, dient eveneens de diatomeeënaarde vernoemd.

Over het algemeen is *de dichtheid* van de minerale vulstoffen (tabel III) groter dan de densiteit van de kunststof waarin ze worden geïnkorporeerd waardoor in bepaalde speciale gevallen het soortelijke gewicht van het gevulde materiaal kan worden aangepast maar wat ook een euvel kan zijn omwille van de bezinking die eruit kan voortvloeien.

Zeer belangrijk zijn *de verschijnselen die in verband staan met de aard en de oppervlaktestaat*. Hoe hoger het sorptievermogen van een vul-

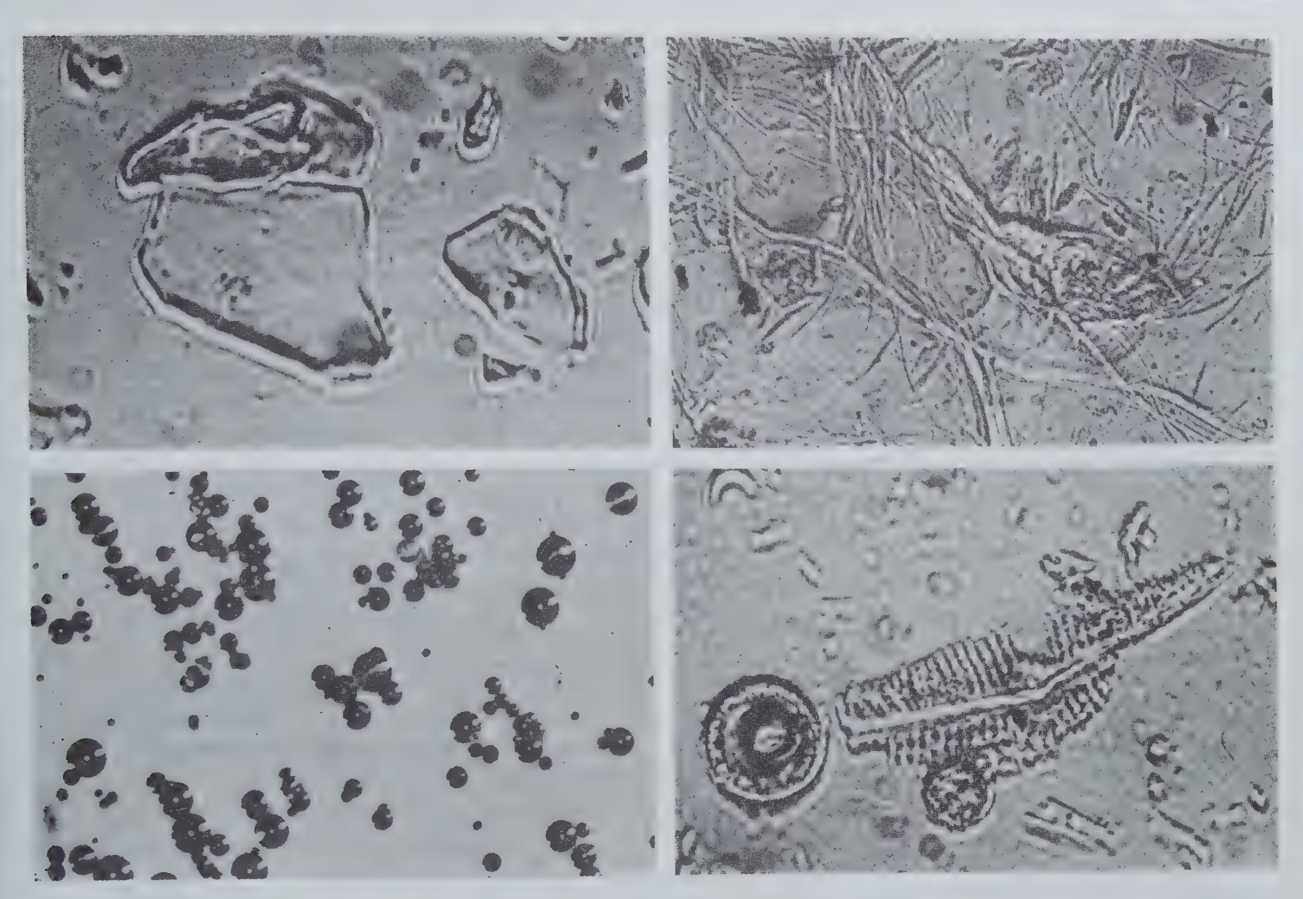


Fig. 1.

Photographies, au microscope optique, montrant quelques exemples des formes sous lesquelles les particules peuvent se présenter : en haut, à gauche : silicate d'aluminium (1000 ×); en haut, à droite : fibres d'amiante (500 ×); en bas, à gauche : microsphères de verre (150 ×); enbas, à droite : diatomées (1000 ×).

Met de optische mikroskoop genomen foto's die enkele voorbeelden tonen van vormen waarin de partikels zich kunnen voordoen. Boven links : aluminiumsilikaat (1000 ×); boven, rechts : amiantvezels (500 ×); onder, links : glasmikrosferen (150 ×); onder, rechts : diatomeeënaarde (1000 ×).

du mélange chargé augmente ou inversement, à taux d'écoulement équivalent, moins on peut incorporer de charge. De plus, dans le cas d'une résine plastifiée, l'incorporation d'une charge à absorption d'huile élevée nécessitera, pour conserver les mêmes propriétés au produit fini, une teneur en plastifiant supérieure, ce qui signifie une dépense supplémentaire. Enfin, la reprise d'humidité au stockage risque de provoquer des réagglomérations, des difficultés de dispersion, des irrégularités ou des incompatibilités lors du mélange avec la résine. C'est pourquoi il est nécessaire, surtout dans le cas des charges fines, de réaliser un traitement de surface qui peut aller d'une simple hydrophobisation du produit jusqu'à la possibilité d'obtenir un accrochage chimique sur la matière organique.

Le pH, l'acidité ou l'alcalinité, peuvent agir défavorablement au cours du stockage ou de la polymérisation; il est bien connu, par exemple,

stof , des te meer neemt de viskositeit van het gevulde mengsel toe of omgekeerd : bij ekwivalente vloeigraad kan des te minder vulstof worden geïnkorporeerd. Bovendien zal de inkorporering van een vulstof met hoge olieopslorping in het geval van een geplastifieerd hars een hoger plastifieermiddelgehalte vergen, wil men dezelfde eigenschappen bij het afgewerkte produkt, wat dan weer betekent dat er bijkomende uitgaven dienen gedaan. Ten slotte brengt het opnemen van vocht tijdens de opslag het gevaar met zich mee heragglomereringen teweeg te brengen alsook dispersiemoeilijkheden en onregelmatigheden of onberekenbaarheden tijdens de menging met het hars. Daarom is het nodig, vooral bij fijne vulstoffen, een oppervlaktebehandeling uit te voeren die kan gaan van een eenvoudige hydrofobisering van het produkt tot de mogelijkheid om een scheikundige hechting op de organische stof te bekomen.

De pH, de zuurtegraad of het basegetal kunnen ongunstig inwerken tijdens de opslag of de polymerizering; zo is het bijvoorbeeld welbekend dat

qu'une résine polyester courante, mélangée à une charge alcaline, voit sa viscosité augmenter assez rapidement, alors qu'une résine époxyde n'évolue pas.

La résistance chimique des charges doit aussi être prise en considération pour des produits exposés aux ambiances corrosives; de plus, la quantité d'eau qu'elles renferment et leur comportement en atmosphère humide ou en milieu aqueux peuvent constituer une limitation à leur emploi, par exemple : dans les applications électriques, les pièces de haute précision, etc...

een gewoon polyesterhars, vermengd met een alkalivulstof, zijn viskositeit vrij snel ziet toenemen terwijl een epoxyhars niet evolueert.

De scheikundige weerstand van het toeslagmateriaal moet ook bekeken worden voor produkten die zich in korrosieve omgevingen bevinden; bovendien kunnen de hoeveelheid water die zij bevatten, en hun gedrag in een vochtige atmosfeer of in een waterachtig midden een beperking vormen voor hun gebruik : bijvoorbeeld bij de elektrische toepassingen, de stukken met grote nauwkeurigheid, enz.

Tableau III
Densité de quelques charges

Tabel III
Dichtheid van enkele vulstoffen

Charge Vulstof	Densité à 25 °C Dichtheid op 25 °C	Charge Vulstof	Densité à 25 °C Dichtheid op 25 °C
Carbonates *Karbonaten*		*Silicates* *Silikaten*	
Baryum (précipité) Barium (bezinksel)	4,43	Amiante (Chrysotile) Amiant (Chrysotyl)	2,40-2,60
Calcium (naturel) Calcium (natuurlijk)	2,71	Argile Klei	2,53-2,62
Calcium (précipité) Calcium (bezinksel)	2,65-2,71	Bentonite Bentoniet	2,60-2,65
Magnésium Magnesium	2-3,10	Mica Mika	2,75-3,1
		Talc Talk	2,65-2,98
Oxydes *Oxyden*		Vermiculite Vermiculiet	2,25
Aluminium Aluminium	3,5-3,9	*Silices* *Kiezel*	
Antimoine Antimonium	5,2-5,9	Diatomées Diatomeeënaarde	1,98-2,20
Magnésium Magnesium	3,20-3,75	Amorphes, sables silex Amorfe, zand, silex	2,65-2,70
Titane Titaan	3,90-4,27	Pyrogénées Pyrogene	2,1
Poudres métalliques *Metaalpoeders*		*Sulfates* *Sulfaten*	
Aluminium Aluminium	2,55	Baryum (naturel et précipité) Barium (natuurlijk en bezinksel)	4,30-4,60
Bronze Brons	8	Calcium Calcium	2,32
Plomb Lood	11,34		
Zinc Zink	7,1		

Les propriétés thermiques des charges minérales sont en général favorables à leur emploi dans les matières plastiques dont le retrait peut être réduit et la stabilité thermique augmentée et ce, à des degrés divers suivant le type utilisé.

En ce qui concerne l'effet des charges sur la résistance au feu, il faut faire une distinction entre, d'une part, les composés inorganiques qui, comme le Sb_2O_3, sont recommandés comme agents ignifugeants et, d'autre part, ceux qui réduisent l'inflammabilité des matières plastiques en tant que simple constituant résistant à la température. Pour ces derniers, les conclusions sont parfois contradictoires suivant le paramètre considéré dans le développement de l'incendie; ainsi pour certains, les carbonates de calcium pourraient prolonger le charbonnement et les fibres minérales accroître l'inflammabilité.

Les propriétés électriques des charges ne seront prises en considération que pour les applications des résines synthétiques dans le domaine électrique. Il ne faut cependant pas négliger ce débouché car, en raison de leurs excellentes propriétés diélectriques, les matières plastiques sont largement utilisées dans la câblerie, les isolateurs, les systèmes de distribution...

La blancheur, l'indice de réfraction, la couleur d'une matière de charge, sont autant de facteurs qui interviennent pour la réalisation d'objets finis devant répondre à des impératifs esthétiques de teinte ou d'aspect. C'est ainsi que des produits bien préparés, comme certains carbonates de calcium, remplacent souvent une partie des pigments coûteux, l'oxyde de titane par exemple, sans effet marqué sur la qualité et l'opacité. D'autre part, il est courant qu'une charge convenant parfaitement dans une application perde une grande partie de sa valeur en raison de ses faibles qualités colorantes, lacune qui aurait pu être compensée par une purification et un broyage plus fin. Ces opérations sont certes coûteuses, mais le prix de vente supérieur du produit ainsi amélioré permet de les envisager d'une façon rentable.

La dureté, définie selon l'échelle de Mohs (tableau IV), est une caractéristique qui, suivant la façon de travailler et le but recherché, peut créer pas mal de problèmes à l'utilisateur. Il peut se présenter une usure au broyage qui limite rapidement les possibilités de réduction; de même, il ne doit pas se produire d'usure excessive dans les appareillages de transformation des matières plastiques, comme les extrudeuses, les calandres, etc. Cependant, l'incorporation, dans la masse ou en surface, de charges dures permet

De termische eigenschappen van de minerale vulstoffen zijn over het algemeen gunstig voor hun gebruik in kunststoffen waarvan de krimping kan worden beperkt en de termische stabiliteit verhoogd en dit in diverse graden naargelang van het gebruikte type.

Wat de weerslag van de vulstoffen op de vuurvastheid betreft, dient er een onderscheid gemaakt tussen enerzijds de anorganische verbindingen die zoals het Sb_2O_3 als ignifugeermiddelen worden aanbevolen en anderzijds die welke de ontvlambaarheid van kunststoffen beperken als enkelvoudig element met temperatuursbestandheid. Voor de laatstgenoemde zijn de besluiten soms tegenstrijdig volgens de in aanmerking genomen parameter bij de ontwikkeling van de brand; zo zouden de calciumkarbonaten voor sommige de verkoling kunnen verlengen en de minerale vezels de ontvlambaarheid doen toenemen.

De elektrische eigenschappen van de vulstoffen worden slechts bekeken voor de toepassingen van de syntetische harsen in het elektrische domein. Toch dient deze afzetmarkt niet verwaarloosd te worden want omwille van hun uitstekende diëlektrische eigenschappen wordt ruim gebruik gemaakt van de kunststoffen bij de vervaardiging van kabels, isolatoren, distributiesystemen.

De witheid, de brekingsindex en de kleur van een vulstof zijn evenveel faktoren die bij de verwezenlijking van afgewerkte produkten een rol spelen omdat deze aan estetische eisen inzake tint of uitzicht moeten beantwoorden. Zo vervangen degelijk bereide produkten zoals sommige calciumkarbonaten vaak een gedeelte van de kostbare kleurstoffen, titaanoxyde bijvoorbeeld, zonder een merkbare weerslag te hebben op de kwaliteit of de opaciteit. Anderzijds is het heel gewoon dat een vulstof die perfekt past voor een toepassing, een groot gedeelte van zijn waarde verliest omwille van zijn geringe kleurkwaliteiten, een lakune die had kunnen opgevuld worden door een zuivering en door de stof fijner te malen. Deze bewerkingen kosten zeker geld maar met de hogere verkoopprijs van het zo verbeterde produkt is het mogelijk ze op een rendabele wijze te bekijken.

De hardheid, bepaald volgens de schaal van Mohs (tabel IV), is een kenmerk dat naargelang van de werkwijze en het nagestreefde doel, voor de gebruiker heelwat problemen kan opleveren. Er kan zich bij het malen een slijtage voordoen die de reduktiemogelijkheden snel begrenst; evenzo moet er geen buitenissige slijtage optreden bij de verwerkingsapparatuur van de kunststoffen zoals bij de strengpersen, de kalanders, enz. Toch kan het inkorporeren van harde vulstoffen — massaal of aan de oppervlakte — de

Tableau IV
Duretés selon l'échelle de Mohs

Tabel IV
Hardheid volgens de schaal van Mohs

Minéraux Mineralen	Echelle de Mohs / Schaal van Mohs — Rayés / Gelijnd: par l'ongle door nagel	par le verre door glas	par l'acier door staal	Autres minéraux Andere mineralen
1. Talc Talk	oui ja	oui ja	oui ja	graphite (1) grafiet (1)
2. Gypse Gips	oui ja	oui ja	oui ja	kaolin (2,25) kaolien (2,25) chrysotile (2,5) chrysotyl (2,5) micas (2,75) mika (2,75)
3. Calcite Calciumkarbonaat		oui ja	oui ja	barytine (3) bariumsulfaat (3) dolomite (3,75) dolomiet (3,75)
4. Fluorine Fluorine		oui ja	oui ja	fer (4,50) ijzer (4,50) wolastonite (4,75) wollastoniet (4,75)
5. Apatite Apatiet		difficilement moeilijk	oui ja	magnétite (5,5) magnetiet (5,5) anatase (5,75) anatase (5,75)
6. Orthose Orthose			parfois soms	rutile (6,25) rutiel (6,25)
7. Quartz Kwarts				
8. Topaze Topaas				
9. Corindon Korundum				
10. Diamant Diamant				

d'augmenter la dureté, la résistance à l'abrasion, la nature anti-dérapante d'un matériau.

L'*analyse chimique* d'une charge est de première importance pour l'utilisateur. Elle permet, tout d'abord, d'identifier le produit et, ensuite, de déceler la présence d'impuretés ou d'éléments défavorables qui peuvent réagir chimiquement avec le polymère ou un de ses agents de mise en œuvre, ou diminuer les caractéristiques mécaniques, physiques ou chimiques du produit fini.

hardheid, de weerstand tegen abrasie en de anti-slip van een materiaal verhogen.

De scheikundige analyse is van het grootste belang voor de gebruiker. Eerst en vooral kan daarmee het produkt geïdentificeerd worden en vervolgens is de opsporing mogelijk van onzuiverheden of van ongunstige elementen die scheikundig met het polymeer of met één van zijn verwerkingsmiddelen kunnen reageren, ofwel de mechanische, fysieke of scheikundige kenmerken

A titre d'exemple, voici les limites généralement admises pour des formules de compounds PVC blancs ou colorés :

Fer (Fe_2O_3)	0,20 %
Manganèse	0,02 %
Cuivre	0,002 %
Aluminium (Al_2O_3)	0,15 %
Soufre	0,005 %
Phosphore	0,005 %

Les prix des charges utilisées dans l'industrie des matières plastiques sont essentiellement variables suivant les techniques de préparation nécessitées.

Le tableau V donne une idée générale des prix moyens rencontrés pour la plupart des inorganiques suivant leur mode de présentation. Les charges de la 1ère catégorie sont souvent utilisées principalement pour réduire le prix de revient. L'utilisateur sera donc moins exigeant en ce qui concerne la finesse et le degré de préparation du produit mais, en tout état de cause, il insistera pour que les caractéristiques physiques et chimiques soient très constantes et très reproductibles. En effet, il ne faut pas perdre de vue que ces charges vont être utilisées dans un processus de fabrication complexe et que toute modification de leurs caractéristiques peut entraîner des variations (viscosité, couleur, adhérence, etc.) susceptibles d'occasionner le rebut d'une fabrication. L'incorporation de charges à prix plus élevé ne se justifie que dans la mesure où leur présence est de nature à améliorer certaines caractéristiques de la matière plastique ou à réduire ses déficiences.

Les charges minérales permettent notamment d'obtenir l'un ou plusieurs des effets suivants :

1) Augmenter la rigidité, la raideur ou la dureté.
2) Régulariser l'expansion thermique et le retrait.
3) Augmenter la résistance à la chaleur.
4) Augmenter ou régulariser les caractéristiques électriques.
5) Augmenter la résistance et diminuer le fluage.
6) Modifier les propriétés rhéologiques (écoulement, thixotropie).
7) Constituer une aide à la mise en œuvre (mélange, dispersion, lubrification, écoulement).
8) Modifier l'apparence (opacité, couleur, texture).
9) Changer les caractéristiques de densité et de volume.

On se rend aisément compte, ici encore, que, suivant le type et l'importance de l'amélioration

van het afgewerkte produkt kunnen beperken. Als voorbeeld geven wij hier de grenzen die over het algemeen voor formules van witte of gekleurde PVC-mengsels worden aangenomen :

IJzer (Fe_2O_3)	0,20 %
Mangaan	0,02 %
Koper	0,002 %
Aluminium (Al_2O_3)	0,15 %
Zwavel	0,005 %
Fosfoor	0,005 %

De prijzen van de vulstoffen in de kunststofnijverheid variëren hoofdzakelijk volgens de noodzakelijke bereidingstechnieken.

Tabel V geeft een algemeen idee van de doorsneeprijzen die men voor het merendeel van de anorganische stoffen volgens hun uitvoeringswijze tegenkomt. De vulstoffen van eerste kategorie worden vaak en in hoofdzaak gebruikt om de kostprijs te drukken. De gebruiker zal dus niet zo veeleisend zijn wat de fijnheid en de bereidingsgraad van het produkt betreft maar hij zal erop aandringen dat de fysieke en de scheikundige kenmerken overal en altijd zeer konstant en reproduceerbaar zijn. Men mag immers niet uit het oog verliezen dat deze vulstoffen zullen gebruikt worden in een complex fabrikageproces en dat iedere wijziging van hun kenmerken veranderingen kan meebrengen (viskositeit, kleur, kleefvermogen, enz.) die tot het wegwerpen van het fabrikaat zouden kunnen leiden. Het inkorporeren van duurder toeslagmateriaal is slechts gewettigd voor zover hun voorkomen van aard is bepaalde kenmerken van de kunststof te verbeteren of de tekorten ervan te verminderen.

De minerale vulstoffen kunnen inzonderheid één of meer van de volgende zaken als weerslag hebben.

1) Verhoging van de stijfheid, de starheid of de hardheid.
2) Regeling van de termische uitzetting of de krimping.
3) Verhoging van de hittebestandheid.
4) Verhoging of regeling van de elektrische kenmerken.
5) Verhoging van de vastheid en vermindering van de vloeigraad.
6) Wijziging van de reologische eigenschappen (vloeiing, tixotropie).
7) Bijdrage tot de verwerking (menging, dispersie, smering, vloeiing).
8) Wijziging van het uitzicht (opaciteit, kleur, textuur).
9) Verandering van de dichtheids- en volumekenmerken.

Hier geeft men zich er ook gemakkelijk rekenschap van dat volgens het type en de belangrijk-

Tableau V

Prix moyens des matières de charge

Tabel V

Doorsneeprijzen van de vulstoffen

Prix (FB/kg) Prijs (BF/kg)	Exemples de charges Voorbeelden van vulstoffen	Caractéristiques générales Algemene kenmerken
1 - 5	Amiantes Amiant Ardoises (poudres) Lei (poeder) Argiles Klei Carbonates de calcium Calciumkarbonaat Dolomies Dolomiet Silices Kiezel Talcs Talk	Caractéristiques de couleur moyennes Middelmatige kleureigenschappen Dimensions des particules en dessous de 74 μ ou de 44 μ suivant les prix Afmetingen van de deeltjes : onder 74 μ of 44 μ volgens de prijs
5 - 20	Amiantes fines Fijne amiant Carbonates : enrobés, précipités Karbonaat : omhuld, precipitaat Diatomées fines Fijne diatomeeënaarde Microsilicates (micro-micas, micro-talcs) Mikrosilikaat (mikromika, mikrotalk) Oxydes (aluminium, zinc) Oxyden (aluminium, zink) Silices Kiezel	Contrôle meilleur de la couleur, de l'état de surface, de la dimension et de la répartition granulométrique Betere kontrole op de kleur, de oppervlaktestaat, de afmeting en de granulometrische verdeling Finesse plus grande (en dessous du micron pour les précipités) et pureté Grotere fijnheid (onder het mikron voor de precipitaten) en zuiverheid
20 et plus 20 en meer	Charges spéciales Speciale vulstoffen Fibres Vezels Oxydes (antimoine, titane) Oxyden (antimonium, titaan) Poudres métalliques Metaalpoeder Produits de synthèse - Synteseprodukten Silices pyrogénées Pyrogeenkiezel	Produits utilisés souvent en faibles pourcentages ou pour des applications spéciales suivant leurs caractéristiques propres Produkten die vaak in kleine hoeveelheden of voor speciale toepassingen worden gebruikt volgens hun eigen kenmerken

apportée au matériau composite, on peut incorporer dans la matière plastique des charges minérales dont le prix de revient variera dans des limites assez larges. Ceci explique que certains investissements, parfois nécessaires pour obtenir des caractéristiques bien définies, ne sont pas un obstacle mais plutôt une possibilité de valoriser mieux encore les produits pierreux dans un domaine aussi varié que celui des matières plastiques.

A titre d'exemple, la figure 2 donne une représentation schématique de l'extraction, du transport, du traitement et de l'emballage de craies belges utilisées avec succès dans l'industrie des caoutchoucs et des matières plastiques. Nous profitons de l'occasion pour remercier la Société des Crayères, Cimenterie et Fours à Chaux d'Harmignies, qui a bien voulu nous communiquer un tel flow-sheet.

Après ce bref aperçu des problèmes liés à l'incorporation des charges minérales dans les matières plastiques, on peut se poser la question : quel intérêt économique ce genre de production peut-il présenter pour les industries extractives belges ?

La réponse à cette question ne peut être que nuancée.

Il faut, tout d'abord, réaliser que les tonnages, qui peuvent actuellement être consommés par l'industrie des matières plastiques, ne représentent qu'un chiffre dérisoire comparé à la production totale des carrières. Les tonnages globaux de matières plastiques mises en œuvre par les industries belges de transformation sont actuellement de l'ordre de 350.000 t par an. Pour ce qui est des matières de charges, on peut, en se basant sur les pourcentages généralement admis dans les industries étrangères travaillant les matières plastiques, envisager une consommation globale se situant dans notre pays au voisinage de 50.000 tonnes; le tonnage de charges belges utilisables dans ces types d'application ne pourra être défini avec exactitude qu'à partir d'une connaissance approfondie de leurs caractéristiques.

L'intérêt de la valorisation de certains produits sous forme de charge minérale réside donc dans le prix de vente élevé que l'on peut pratiquer plutôt que dans les quantités susceptibles d'être commercialisées.

Cette réserve étant faite, on peut résumer comme suit les possibilités offertes actuellement à l'industrie extractive belge :

1°) Parmi les sous-produits existants, certains types à caractéristiques bien définies pourraient déjà être envisagés comme charges

heid van de aan het samengestelde materiaal aangebrachte verbetering in de kunststof minerale vulstoffen kunnen worden geïnkorporeerd waarvan de kostprijs tussen vrij ruime grenzen varieert. Dit verklaart dat sommige investeringen die soms noodzakelijk zijn om welbepaalde kenmerken te bekomen, geen hinderpaal vormen maar veeleer een mogelijkheid bieden tot nog betere valorisatie van de steenachtige produkten in een zo gevarieerd domein als dat van de kunststoffen.

Als voorbeeld geeft figuur 2 een schematische voorstelling van de extraktie, van het vervoer, van de bewerking en van de verpakking van Belgisch krijt dat met goed gevolg in de rubbernijverheid en de kunststofindustrie wordt gebruikt. Wij maken van de gelegenheid gebruik om de Société des Crayères, Cimenterie et Fours à Chaux d'Harmignies te danken die ons een dergelijke flow-sheet heeft willen mededelen.

Na dit vluchtig overzicht van de problemen die verbonden zijn met de inkorporering van minerale vulstoffen in kunststoffen, kan de vraag gesteld worden : « Welk ekonomisch belang kan dergelijke produktie hebben voor de Belgische extraktiebedrijven ? »

Op deze vraag kan enkel een genuanceerd antwoord worden gegeven.

Eerst en vooral dient men zich te realiseren dat het aantal ton dat thans door de kunststofnijverheid kan worden verbruikt, slechts een cijfer vertegenwoordigt waarvoor men in vergelijking met de totale produktie van de groeven zijn schouders ophaalt. Het globale aantal ton kunststoffen dat door de Belgische verwerkingsbedrijven wordt omgewerkt, bedraagt op dit ogenblik ongeveer 350.000 ton per jaar. Wat de vulstoffen aangaat, kan men op basis van de percentages die over het algemeen in de buitenlandse kunststofverwerkende bedrijven worden aangenomen, aan een globaal verbruik denken van ongeveer 50.000 ton in ons land; het voor deze types van toepassingen bruikbare aantal ton Belgische vulstoffen zou slechts juist kunnen bepaald worden op basis van een grondige kennis van hun kenmerken.

Het belang van de valorisatie van sommige produkten in de vorm van minerale vulstof ligt dus in de hoge verkoopprijs die kan worden gevraagd eerder dan in de hoeveelheid die zou kunnen in de handel gebracht worden.

Na dit voorbehoud kan men de momenteel door de Belgische extraktieve nijverheid geboden mogelijkheden als volgt samenvatten :

1°) tussen de bestaande nevenprodukten zouden types met welbepaalde kenmerken reeds nu in aanmerking kunnen komen als vulstoffen

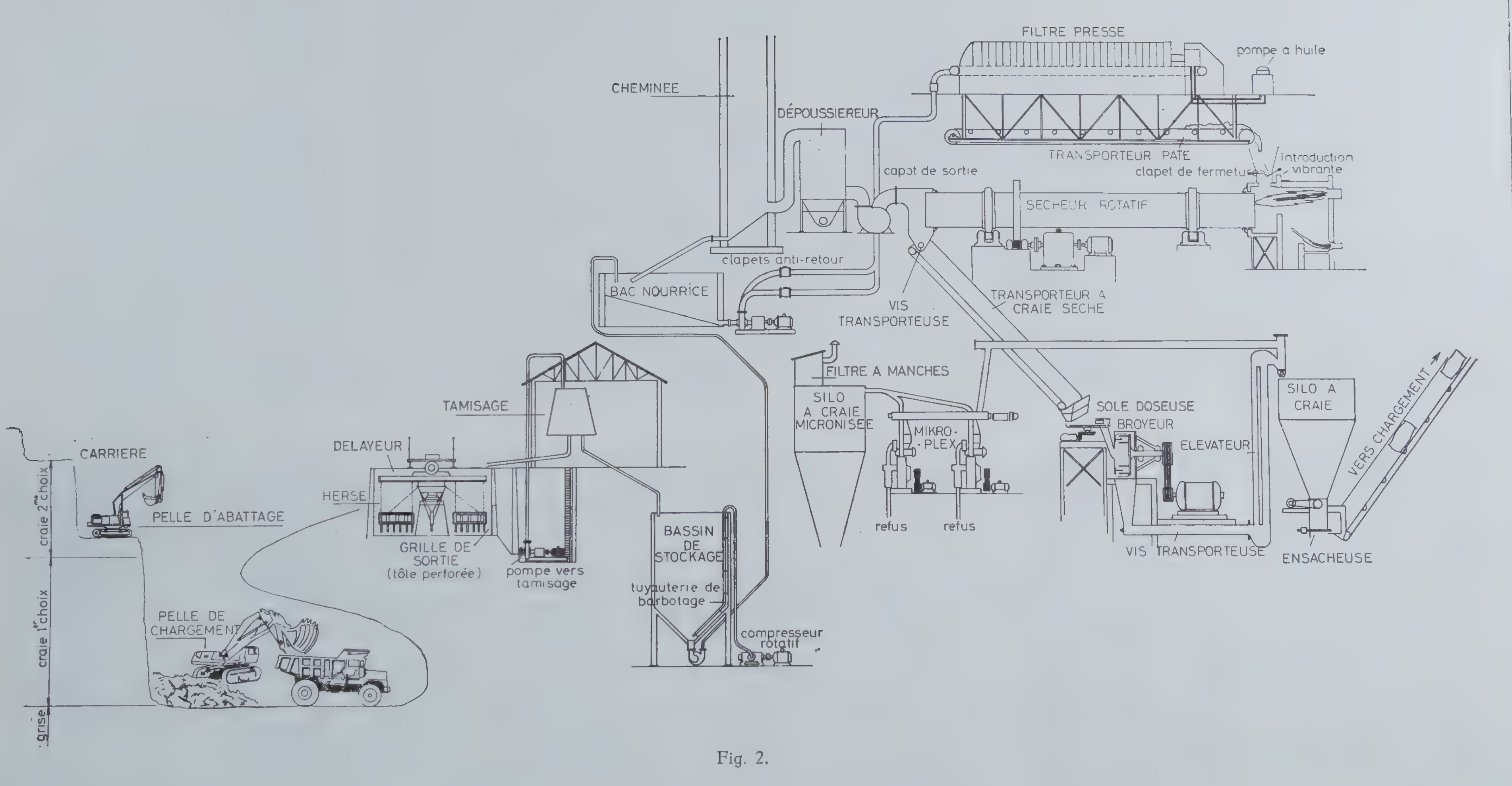


Fig. 2.

Représentation schématique de l'extraction, du transport, du traitement et de l'emballage de craies.

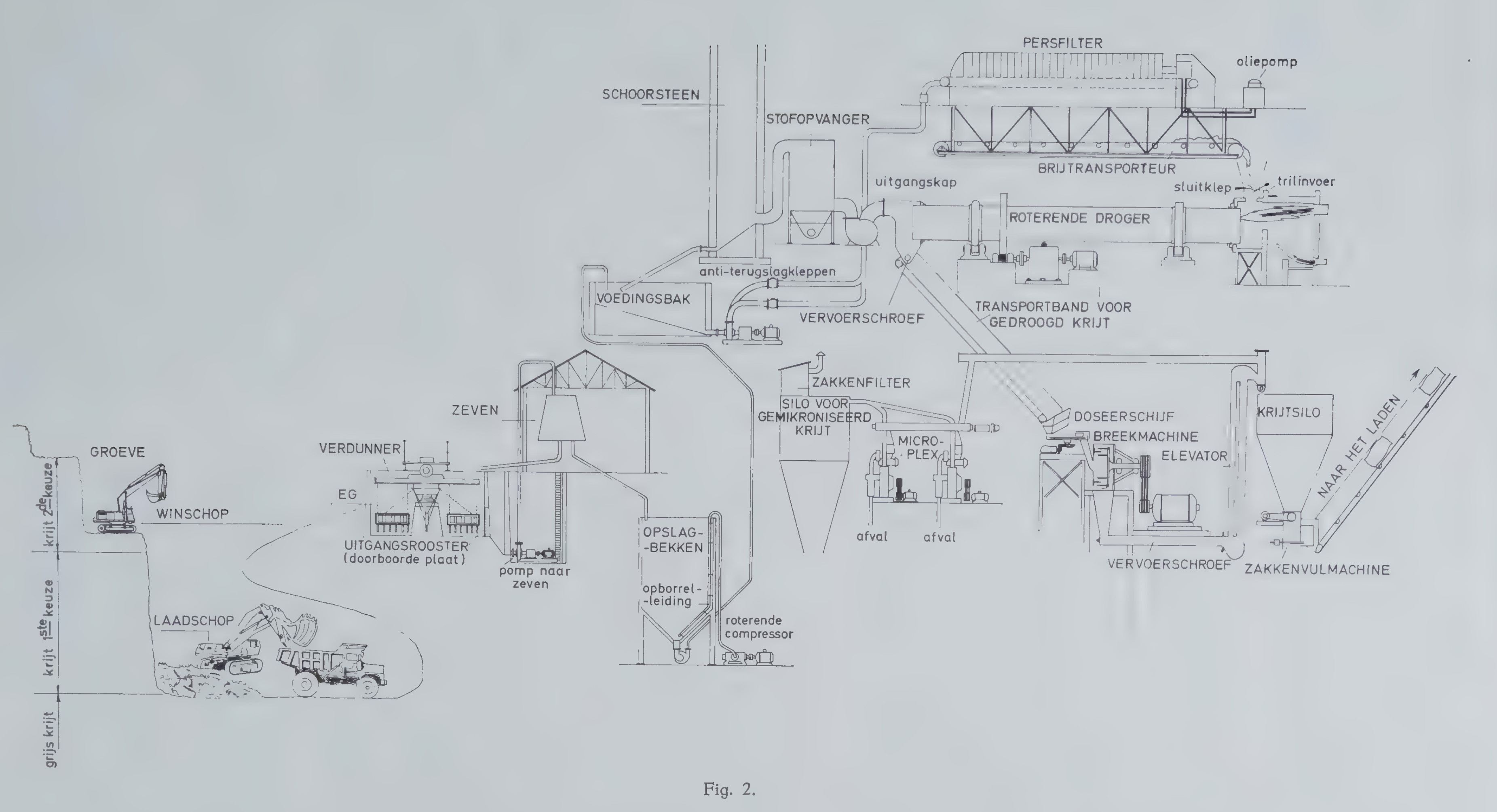


Fig. 2.

Schematische voorstelling van de delving, het vervoer, de behandeling en de verpakking van krijt.

dans les polymères sans dépense supplémentaire de la part du producteur.

2°) A partir de variétés existantes et moyennant un traitement peu coûteux sur des installations en fonctionnement, des charges de qualité meilleure et à propriétés plus régulières peuvent être préparées sans investissement complémentaire important.

3°) Pour élaborer des produits à prix de revient élevé, il sera nécessaire, à partir d'un certain stade, d'investir des capitaux importants pour acheter des appareillages nouveaux et appliquer des techniques parfois coûteuses. Pour amortir ces dépenses, le marché devra s'élargir et certainement dépasser nos frontières. Si cette élaboration de produits de haute qualité ne peut être considérée au départ, il faut cependant rappeler que des firmes étrangères se sont déjà spécialisées dans ces domaines et que, pour réduire leurs frais de transport, ces sociétés pourraient trouver un intérêt à une coopération avec les industries extractives locales.

Dans le cadre des activités de sa nouvelle section « Polymères », l'INIEX quant à lui a entrepris différentes études qui visent à développer l'utilisation des charges minérales et à créer pour elles de nouveaux débouchés.

Ces recherches se situent dans différents domaines :

1°) Caractérisation des charges minérales par analyses physiques et chimiques.

2°) Etude de la mise en œuvre du mélange charge-résine. L'INIEX a acquis pour ce faire différents types de mélangeurs lents et rapides, un mélangeur à cylindres et une presse de laboratoire de 100 t qui permet l'étude de nombreux paramètres, ainsi que des réglages précis de température et de pression.

3°) Détermination, à partir d'éprouvettes d'essais, des propriétés mécaniques, chimiques et physiques, ainsi que de la résistance au feu et au vieillissement des produits finis.

Il est bien évident que ces options ne sont pas limitatives et que l'INIEX tient à la disposition des exploitants ses chercheurs, ses laboratoires et son expérience, pour aider et conseiller les industries extractives dans la valorisation de leurs produits.

in de polymeren zonder bijkomende uitgaven van de zijde van de producent;

2°) uitgaande van de bestaande variëteiten en mits een niet erg kostbare behandeling m.b.v. in bedrijf zijnde installaties kunnen vulstoffen van een betere kwaliteit en met regelmatiger eigenschappen zonder belangrijke bijkomende investeringen bereid worden;

3°) om produkten met een hoge kostprijs te maken, zal het nodig zijn vanaf een bepaald stadium grote kapitalen te investeren voor de aankoop van nieuwe apparatuur en de toepassing van soms kostbare technieken. Voor de afschrijving van deze kapitalen is er een ruimere markt nodig, een markt die zich zeker over de grenzen heen uitstrekt. Zo in het begin het maken van hoog gekwalificeerde produkten niet kan in aanmerking komen, dient er toch aan herinnerd dat buitenlandse firma's zich reeds gespecialiseerd hebben in deze domeinen en dat deze maatschappijen er belang zouden kunnen bij hebben samen te werken met de plaatselijke extraktieve bedrijven om hun vervoeronkosten te drukken.

Binnen het bestek van de werkzaamheden van de nieuwe sektie « Polymeren » heeft het NIEB verschillende studies ondernomen met het oog op de ontwikkeling van het gebruik van minerale vulstoffen en om nieuwe afzetmarkten ervoor te scheppen.

Dit speurwerk beslaat verschillende gebieden.

1) Het karakteriseren van minerale vulstoffen door scheikundige en fysieke ontledingen.

2) Het bestuderen van de verwerking van het mengsel vulstof - hars. Het NIEB heeft daartoe verschillende types van langzame en snelle mengers aangekocht evenals een mengwals en een laboratoriumpers van 100 t waarmee talrijke parameters kunnen bestudeerd worden en waarmee precieze temperatuur- en drukregelingen mogelijk zijn.

3) Het bepalen van de mechanische, scheikundige en fysieke eigenschappen alsmede van de weerstand van de eindprodukten t.o.v. vuur en veroudering.

Vanzelfsprekend vormen deze opties geen grens en het NIEB staat ter beschikking van de exploitanten met zijn vorsers, zijn laboratoria en zijn ervaring om de extraktiebedrijven te helpen en raad te geven bij de valorisatie van hun produkten.

Références bibliographiques.

Bricteux, J., Michaux, C. — « Propriétés et caractéristiques des charges inorganiques ». Bulletin technique INIEX « Polymères », n° 1, décembre 1971, 28 pages.

Michaux, C. — « Préparation et applications des charges inorganiques ». Bulletin technique INIEX « Polymères », n° 2, septembre 1972, 26 pages.

Bibliografische verwijzingen.

Bricteux, J., Michaux, C. — « Eigenschappen en kenmerken van de anorganische vulstoffen ». Technisch Tijdschrift NIEB « Polymeren », nr. 1, december 1971, 28 bladzijden.

Michaux, C. — « Bereiding en toepassingen van anorganische vulstoffen ». Technisch Tijdschrift NIEB « Polymeren », nr. 2, september 1972, 26 bladzijden.

Creusement de deux bouveaux d'accès à un nouveau gisement au charbonnage d'Aiseau-Presle

J. CONIL, P. WELSCHEN *, H. van DUYSE **

RESUME

Le charbonnage d'Aiseau-Presle creuse actuellement deux bouveaux d'accès à un gisement situé près d'un ancien siège.

Dans le but de faciliter et d'accélérer le travail de forage, le siège a fait l'acquisition d'un jumbo léger Meudon suspendu à un monorail. Le jumbo a été amorti après 650 mètres de creusement.

INHALTSANGABE

In der Kohlenzeche von Aiseau-Presle werden zur Zeit zwei Querstollen in Richtung eines Vorkommens unweit einer ehemaligen Grube ausgegraben.

Um die Bohrarbeiten zu erleichtern und voranzutreiben, hat die Zeche einen leichten, an einer Einschienenbahn aufgehängten Meudon-Bohrwagen erworben. Nach 650 Metern Vortrieb wurde der Bohrwagen abgeschrieben.

SAMENVATTING

Op dit ogenblik drijft de steenkolenmijn van Aiseau-Presle twee steengangen als toegang tot een afzetting die bij een oude zetel is gelegen.

Om de boorwerkzaamheden te vergemakkelijken en te versnellen, heeft de zetel een lichte, aan een monorail zwevende Meudom-jumbo aangekocht. Na 650 meter delven is de jumbo afgeschreven.

SUMMARY

The Aiseau-Presle Colliery is at present driving two headings in a seam situated near an old colliery.

In order to facilitate and speed up the work of drilling, the colliery has acquired a light Meudon Jumbo suspended to a monorail. The jumbo was paid off after 650 metres had been driven.

INTRODUCTION

En 1970, le charbonnage d'Aiseau-Presle a commencé le creusement de deux bouveaux d'accès à un gisement partiellement exploité par un ancien siège de la même société. Ces bouveaux sont situés aux étages de 120 m et de 222 m du siège en activité et la longueur de chacun des deux tronçons à creuser est d'environ 1600 m.

Devant l'importance de ces travaux préparatoires, il est apparu nécessaire d'étudier chacune des phases du creusement de ces bouveaux afin d'organiser au mieux l'ensemble des travaux.

Dans le but de faciliter et d'accélérer le travail de forage, le siège a fait l'acquisition d'un jumbo léger Meudon suspendu à un monorail. Le chargement des déblais est effectué par scrapage, tandis que le soutènement est constitué par des

* Respectivement Directeur des Travaux du Fond et Ingénieur Divisionnaire à la S.A. des Charbonnages d'Aiseau-Presle.

** Chef de Section de Recherches à l'Institut National des Industries Extractives.

cadres coulissants Toussaint-Heintzmann (avec une section à terre nue de 12 m²), placés à 1,50 m d'axe en axe.

1. DESCRIPTION GENERALE DU GISEMENT D'AISEAU-PRESLE

La concession Tergnée-Aiseau-Presle est située à l'extrémité sud-est du bassin de Charleroi (fig. 1). Elle est presque complètement entourée de concessions où les exploitations ont été arrêtées depuis plusieurs années, sauf dans le coin nord-ouest où elle est en contact sur quelques centaines de mètres avec deux concessions actives.

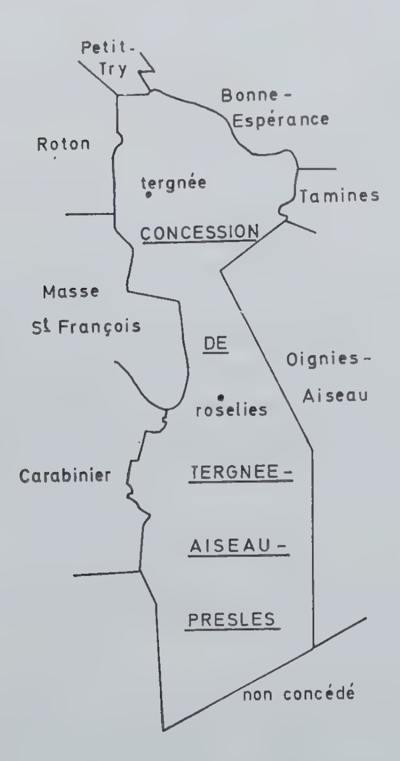


Fig. 1. — Plan de la concession du charbonnage d'Aiseau-Presle avec l'emplacement du siège Tergnée qui est le seul en activité. Le but du creusement des bouveaux décrits est d'exploiter une partie du gisement du siège Roselies.

La concession Tergnée-Aiseau-Presle est allongée dans le sens nord-sud, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction générale des couches. Elle emprunte curieusement la forme d'un buste de femme dont la tête se situe au nord, la poitrine au sud (fig. 1). Le rétrécissement entre les parallèles — 3000 à — 4500, de la concession, en constitue « le cou ».

Le gisement d'Aiseau-Presle (fig. 2) est découpé en plusieurs massifs par le jeu des failles qui, toutes, se présentent en plongeant vers le sud.

Partant du nord vers le sud, on distinguera :

a) la faille du Centre, dont la portée du rejet sur son plan de glissement se situe entre 1200 à 1400 m,

b) la faille du Gouffre (800 m de rejet),

Fig. 2. — Coupe verticale N-S du gisement exploité à Aiseau-Presle avec la localisation des deux bouveaux en cours de creusement aux étages 120 et 222 pour reprendre une partie de la concession du siège Roselies.

c) la faille de Floriffoux (800 m de rejet),
d) la faille du Carabinier dont le transport atteint 800 m,
e) la faille d'Ormont, qui limite presque le bord sud de la concession.

Les travaux de creusement effectués actuellement recoupent trois Assises du Westphalien A, appelées respectivement les assises d'Andenne, de Châtelet et de Charleroi.

L'Assise d'Andenne est stérile. L'Assise de Châtelet ne comporte qu'une seule couche, de faible puissance, fréquemment exploitable en raison de la solidité de ses roches encaissantes : la couche Léopold. C'est dans l'Assise de Charleroi que le charbonnage d'Aiseau-Presle développe ses exploitations.

Le gisement d'Aiseau-Presle a été mis en exploitation dès 1880 et jusqu'en 1959 l'exploitation en était assurée par les sièges Tergnée (siège actuel) et Roselies (situé au sud de la concession).

2. DESCRIPTION DU NOUVEAU GISEMENT A FAIBLE PROFONDEUR QUI SERA MIS EN EXPLOITATION EN 1974

En 1959, toute la production a été concentrée au siège Tergnée, situé au nord, mais il existait encore des réserves de gisement au sud, principalement dans les étages supérieurs. Ces réserves sont situées dans les quatre couches suivantes : Sainte-Barbe, Sainte-Marie, Greffier et Saint-Jacques, toutes situées sous la faille du Carabinier. Seule la couche Sainte-Barbe a été en partie exploitée à partir de l'ancien siège.

Ce gisement situé à environ 2,5 km des puits du siège Tergnée sera atteint par deux bouveaux creusés aux étages de 120 m et de 222 m. A partir de ce dernier bouveau, une descenderie sera creusée pour exploiter le gisement jusqu'au niveau de 350 m.

Un premier tronçon du bouveau de l'étage de 120 m a été creusé en 1964 pour exploiter un autre gisement situé dans le massif du Centre. Son creusement a été repris en 1970 et celui du bouveau de 222 m en septembre 1971. Ce dernier bouveau doit percer les deux grandes failles : du Gouffre et de Floriffoux. Il traverse dans l'ordre :
a) le massif du Centre, à partir du puits jusqu'à 1150 m,
b) une zone faillée, très dérangée de 1150 m à 1305 m,
c) le massif de Floriffoux, à partir de 1305 m,
d) le massif du Gouffre avec un gisement en dressant,
e) le massif du Carabinier, où l'on pourra exploiter aussi d'autres couches.

3. DESCRIPTION DU MATERIEL NOUVEAU UTILISE DANS LE BOUVEAU DE 222 m

Le matériel généralement utilisé pour le creusement des bouveaux ayant été décrit à de nombreuses reprises, nous n'en donnerons dans cette note qu'une description rapide, mais nous nous étendrons davantage sur le matériel nouveau.

31. Matériel de forage

311. Jumbo de forage Meudon

3111. Historique

Les jumbos légers Meudon de type ALF ont été conçus par le service d'essais du groupe de Valenciennes du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais pour forer en bouveaux de faible section, où l'on souhaitait travailler avec des équipes de 2 hommes.

Le premier jumbo mis au point par ce groupe, du type ALF 5-2 (fig. 3), est monté sur roues et est équipé de 2 bras de foration avec chacun

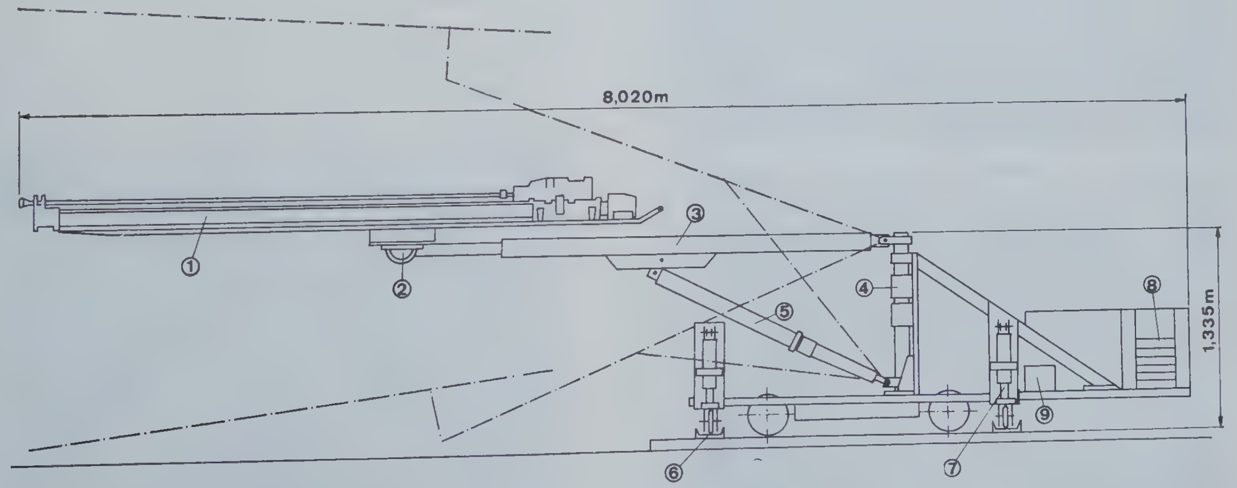


Fig. 3. — Jumbo Meudon du type ALF 5-2 à deux bras de foration, monté sur rails, mis en service au siège 17 des Charbonnages de Monceau-Fontaine.

1. Ravanceur à câble
2. Rotule
3. Bras articulé
4. Colonne pivotante
5. Vérin de bras
6. Plaque d'assise
7. Vérin de ripage
8. Contrepoids
9. Surpresseur

une glissière et un marteau perforateur Meudon. Ce jumbo, très maniable et d'un encombrement réduit, coûte environ 600.000 FB; ce prix intéressant est obtenu grâce à une mécanisation moins poussée de certaines manœuvres de mise en place des glissières. L'encombrement du jumbo est de 85 cm en largeur et son poids est de 2,6 t.

Au siège Agache du groupe de Valenciennes où le prototype a été mis à l'essai, l'avancement imposé de 5 m/jour a été réalisé avec un personnel total de 8 Hp, au lieu de 11 Hp avant l'introduction de ce jumbo.

Avec un personnel à front de 2 hommes, la durée totale du forage de 27 trous de 42 mm de diamètre et de 1,50 m de longueur, est comprise entre 45 et 60 min.

Suite à ces essais fructueux, la société Meudon a vendu plus de 30 jumbos de ce type dont l'un a été livré aux charbonnages de Monceau-Fontaine.

Ce jumbo, prévu pour les bouveaux horizontaux où le chargement des déblais est effectué par un engin sur roues, ne convient pas pour le creusement de descenderies et pour les galeries où le chargement des déblais a lieu par scrapage.

Dans le but de remédier à cette lacune, le service des essais du groupe français de Blanzy a mis au point un jumbo Meudon suspendu à un monorail (fig. 4 et 5).

Un prototype équipé de trois bras y a été mis à l'essai en 1969. La foration s'effectue à front en prenant appui contre deux colonnes calées entre le toit et le mur de la voie au moyen de vérins. Après repliement de la colonne et des bras de foration, la translation de l'engin s'effectue au moyen d'un monorail et d'un treuil de halage.

Après de nombreuses améliorations, le jumbo a été à son tour commercialisé sous le type ALF 2-2. Le prix est de 650.000 FB.

Après une visite au siège de Blanzy, le charbonnage d'Aiseau-Presle a décidé l'achat d'un jumbo de ce type pour équiper le bouveau où le chargement des déblais est réalisé par scrapage.

3112. Description du jumbo

Le jumbo Meudon se compose de deux bras de foration fixés à un châssis suspendu à un monorail.

Un appareillage de foration ALF (fig. 3) se compose essentiellement d'une colonne (qui peut être fixée sur différents engins porteurs courants), un bras et une glissière légère sur laquelle coulisse un marteau perforateur.

La rotation du bras dans le plan horizontal autour de la colonne s'effectue à la main sur les premiers jumbos et au moyen d'un vérin sur les engins actuels. Le mouvement d'oscillation du



Fig. 4. — Jumbo Meudon suspendu à un monorail pour les translations entre le front et l'arrière.

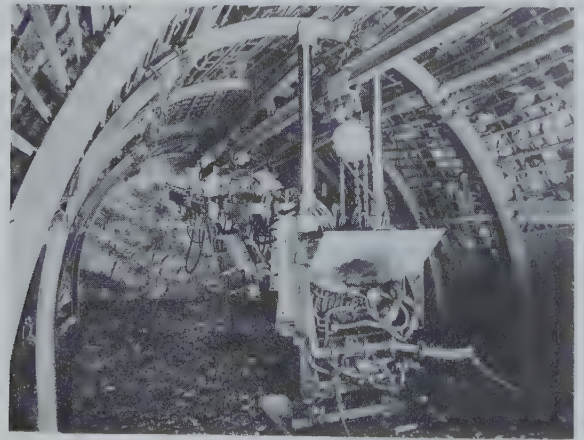


Fig. 5. — Jumbo Meudon, en position de forage, prenant appui sur deux colonnes calées entre toit et mur.

bras dans le plan vertical est effectué au moyen d'un vérin à double effet.

La rotation de la glissière autour de la rotule placée à l'extrémité du bras s'effectue à la main, mais un système de freinage commandé à distance permet de bloquer la glissière dans la position choisie (signalons ici que la société Meudon vient de mécaniser aussi cette dernière opération au moyen de vérins en février 1973).

La translation du marteau perforateur le long de la glissière est assurée par un petit moteur hydraulique, par l'intermédiaire d'un câble métallique placé dans une gaine de nylon. A Aiseau-Presle, on utilise des marteaux Meudon de 30 kg du type PR 1.

Les caractéristiques du marteau perforateur Meudon PR 1 sont les suivantes :

— longueur	595 mm
— alésage du cylindre	87 mm
— course du piston	63 mm
— poids du piston	,400 kg
— nombre de coups	2.200/min
— vitesse de rotation	170 tr/min
— consommation d'air aspiré	4400 litres/min

Le forage s'effectue à l'eau.

Un surpresseur Haussherr de type H 150 permet l'alimentation en eau à une pression de 60 kg/cm² des divers vérins et du dispositif de blocage de la glissière sur le bras.

Le jumbo fourni à Aiseau-Presle est équipé de deux glissières de 3 m de longueur de course utile.

La figure 5 montre le jumbo léger Meudon installé à front pendant le forage. Les deux colonnes s'emboîtent, d'une part, contre la bêle du cadre TH et prennent appui, d'autre part, sur les traverses de chemins de fer; le calage des colonnes est assuré par des vérins. On voit aussi sur la photo les deux chariots auxquels l'ensemble du jumbo est suspendu lors de la translation entre le front et l'arrière. La figure 6 montre une autre vue de ce jumbo lors de la foration.

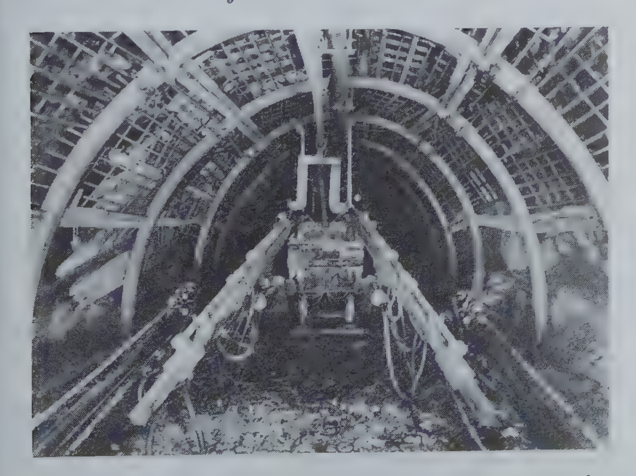


Fig. 6. — Foration de deux trous de mine au pied.

312. Fleurets

On utilise des fleurets monoblocs en acier hexagonal de 2 mm de plat à plat, avec taillant en carbure de tungstène, avec un emmanchement de 108 mm de longueur. Les fleurets ont une longueur de 3,60 m. La largeur des taillants est de 42 mm. Les fleurets de type Coromant ne sont pas réaffûtés.

32. Matériel de minage et tir

L'explosif utilisé à front est de la dynamite III, livré sous forme de cartouches de 250 g avec un diamètre de 35 mm.

33. Matériel de chargement des déblais

331. Matériel de scrapage

Le chargement des déblais est effectué par scrapage au moyen d'une houe Breschard de type super 7 à denture crénelée, commandée par un treuil Samiia de type TS 2. Les câbles utilisés ont un diamètre de 12,7 mm. La vitesse de câble est de 1,68 m/s lors du chargement et de 2,15 m/s lors du trajet retour. On utilise des poulies de renvoi Samiia de 300 mm de diamètre.

La figure 7 montre le front pendant le chargement des déblais.



Fig. 7. — Chargement des déblais au moyen d'une houe de scrapage.

332. Evacuation des déblais

Les déblais sont évacués par une série de trois convoyeurs jusqu'à l'entrée d'un bouveau montant, ce qui permet d'avoir une cheminée de réserve avant d'effectuer le chargement en berlines de 600 litres.

A front, la houe déverse les produits sur un convoyeur à raclettes Westfalia de type PF 0/1, de 45 m de longueur, suspendu à un monorail. Les chaînes de 18 mm sont entraînées par un moteur électrique de 40 kW et ont une vitesse de translation de 0,65 m/s.

Les déblais sont déversés ensuite sur un convoyeur à courroie Eickhoff de 800 mm de largeur et de 213 m de longueur. Un moteur de 33 kW entraîne la courroie à une vitesse de 1,80 m/s. La sécurité est assurée par un contrôleur de bandes Merlin-Gérin. La figure 8 montre le

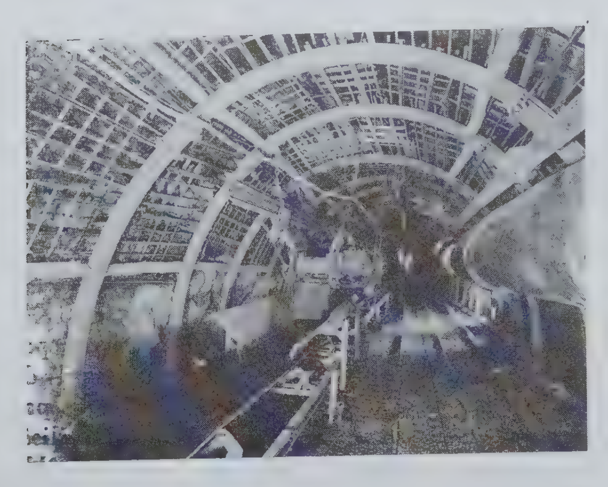


Fig. 8. — Point de déversement du convoyeur-répartiteur sur la courroie.

point de déversement du convoyeur répartiteur sur la courroie. La figure 9 montre le recouvrement important qui peut exister entre ces deux convoyeurs, ce qui permet de ne devoir allonger

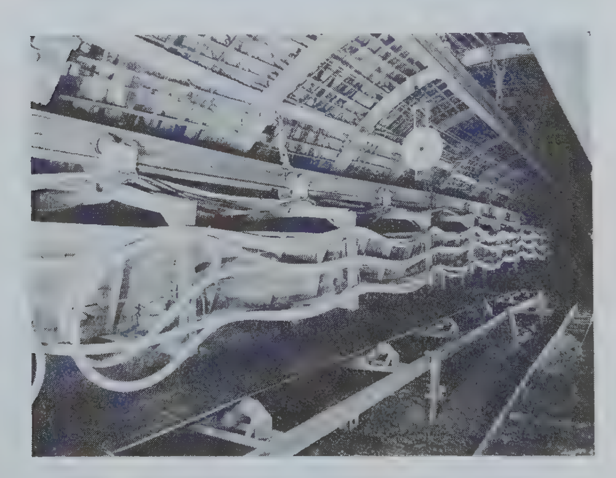


Fig. 9. — Recouvrement du convoyeur-répartiteur et du convoyeur à courroie. Le convoyeur-répartiteur est suspendu à un monorail.
Cette photo montre aussi l'écran pourvu d'une fente circulaire utilisé comme « laser » pour le maintien en direction et en niveau du bouveau.

la courroie que tous les 30 m. La figure 10 montre une vue générale du bouveau équipé du convoyeur à courroie et d'une voie de circulation pour l'approvisionnement en matériel.

Le chargement des déblais en berlines est assuré ensuite par un deuxième convoyeur à raclettes Westfalia de 50 m de longueur placé dans le bouveau montant. Les chaînes sont entraînées par deux moteurs électriques de 33 kW à une vitesse de 0,65 m/s.



Fig. 10. — Vue générale du bouveau équipé d'un convoyeur à courroie et d'un raillage.

34. Matériel de soutènement

Le bouveau est revêtu de cadres Toussaint-Heintzmann de 21 kg/m, du type W. La section utile est d'environ 11 m² pour une section à terre nue d'environ 12 m². Les cadres sont placés à 1,50 m d'axe en axe.

Les étriers assemblant les trois éléments d'un cadre sont serrés au moyen d'une clef à chocs Ingersoll-Rand, de type 8100, avec un couple de 35 kgm.

Le garnissage est assuré par des grilles de queue (fig. 11) qui s'accrochent les unes aux autres. Ces grilles, constituées de déchets de lami-

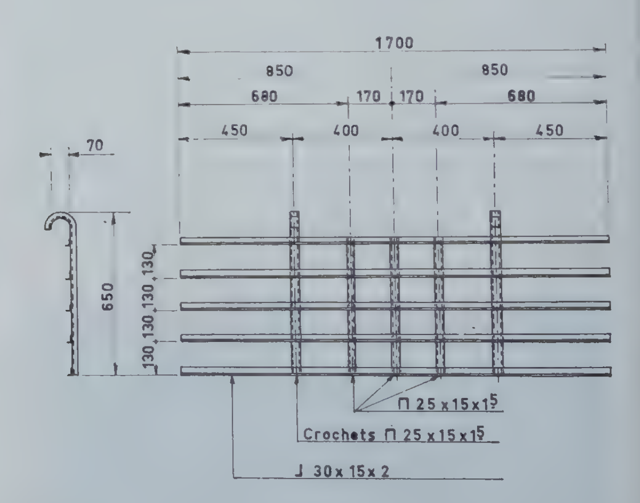


Fig. 11. — Grille de queue utilisée comme garnissage entre les cadres TH.

noir, sont d'une pose très rapide. Les cadres sont reliés par des fers à béton de 12 mm de diamètre qui forment tirants.

Les derniers cadres placés à front sont entretoisés à l'aide de poussards métalliques (fig. 12), que l'on déplace à mesure de l'avancement.

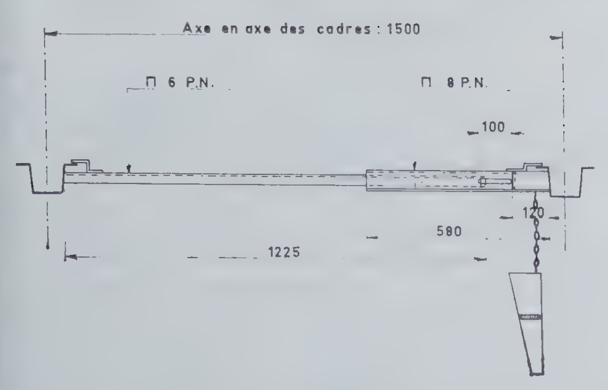


Fig. 12. — Poussards métalliques utilisés pour entretoiser les derniers cadres placés à front.

La pose de 1 ou 2 bêles à front avant le chargement des déblais est assurée par une allonge ou « cora » métallique constituée par une poutrelle I 00 d'une longueur de 6,50 m.

Le maintien du bouveau en direction et en niveau est assuré par un système très simple mis au point au siège. Une lampe-chapeau de mine est suspendue à un cadre à une distance variant entre 50 et 100 m du front.

Un écran pourvu d'une fente circulaire est suspendu à une distance de front variant entre 5 et 50 m. La figure 9 montre cet écran. Afin de ne pas gêner le transport, la lampe et l'écran sont décalés par rapport à l'axe du bouveau. De petits trous renvoient jusqu'à front un spot lumineux droit de petit diamètre, permettant le positionnement correct des cadres à front.

Depuis l'introduction de ce « laser » à front, l'erreur maximum en direction mesurée à front a été de 1 cm, tandis qu'il n'y a pas eu d'erreurs en ce qui concerne le niveau.

35. Alimentation en énergie

351. Air comprimé

L'alimentation en air comprimé est assurée par une tuyauterie de 200 mm de diamètre, prolongée près des fronts par deux tuyauteries de 100 mm de diamètre équipées chacune d'une vanne. Cette distribution de l'air comprimé par deux tuyauteries permet l'alimentation continue à front pendant la prolongation de l'une ou l'autre tuyauterie de 100 mm.

La tuyauterie de 200 mm est ravancée périodiquement en dehors des postes de travail à front.

352. Surpresseurs

Afin d'avoir une pression suffisante pour le forage, un surpresseur a été installé près de l'entrée du bouveau. Le choix s'est porté sur un surpresseur Atlas/Copco de type CG 4, à deux cylindres simple effet et à un étage de compression. Le refroidissement est assuré par air et la transmission par courroies trapézoïdales.

La pression de l'air à la sortie de l'appareil est de 7 kg/cm^2, la pression maximale à l'aspiration est de 4 kg/cm^2. Le débit est de 20 m^3/min. Le moteur ACEC a une puissance de 45 kW et une vitesse de rotation de 1450 tr/min.

353. Alimentation en eau

L'eau, venant de l'exhaure, est amenée jusque près des fronts par une tuyauterie de 100 mm de diamètre avec emboîtements galvanisés. Cette tuyauterie est prolongée une fois par semaine en dehors des postes de travail à front.

Le front est alimenté en eau par un flexible de 35 mm de diamètre. La pression de l'eau à front est de 8 kg/cm^2.

36. Aérage

L'aérage soufflant est assuré par un ventilateur Siemens avec moteur de 3,3 kW et par une ligne de canars de 600 mm jusqu'à 30 m des fronts, puis par des canars de 400 mm.

Les canars de 600 mm sont en matière plastique et ceux de 400 mm sont métalliques. Les canars métalliques sont suspendus à un monorail, ce qui permet un ravancement très rapide.

Le débit d'air à front est de 1,5 m/s.

37. Organisation générale du chantier

La figure 13 montre la disposition générale du chantier en arrière du front.

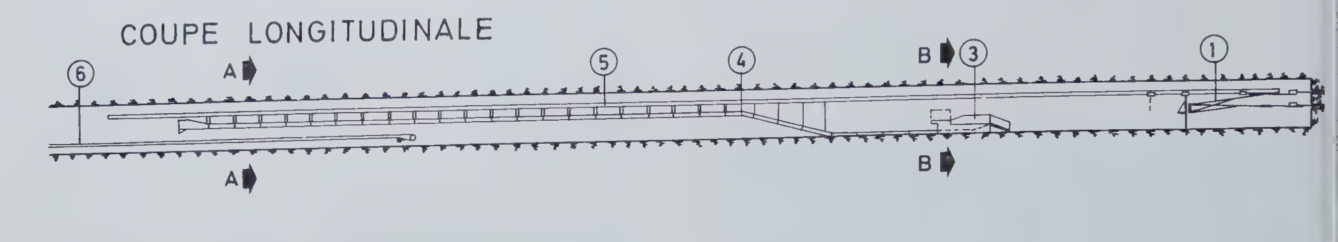
Le transport du matériel est assuré par berlines; le raillage suit le front à une distance d'environ 100 m (fig. 10). Il existe deux monorails à front, l'un pour supporter le convoyeur-répartiteur à raclettes enjambant le convoyeur à courroie et l'autre servant à la translation du jumbo léger. La figure 13 montre aussi l'emplacement de l'estacade de chargement de déblais auquel est fixée l'installation de retour du convoyeur-répartiteur.

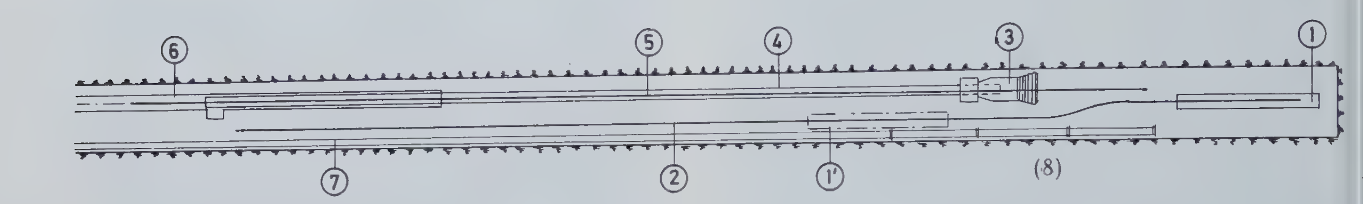
Les éléments de cadres, les carcans, les entretoises, les grilles de garnissage, sont garés à 50 m en arrière contre le pied des cadres à la paroi située du côté du raillage. Ces éléments sont acheminés vers le front au moyen du monorail utilisé pour le jumbo. Le matériel de forage équipé est garé à 25 m du front contre une paroi.

4. DESCRIPTION DES OPERATIONS ET ORGANISATION DU TRAVAIL

Le front est attelé à trois postes par jour. Le temps de travail effectif moyen à front est de 6 h 30 min par poste.

Le tableau I donne la répartition du personnel total entre les trois postes de travail. Il comporte 12 ouvriers, manœuvres et boutefeux à front, 5 ouvriers et manœuvres à l'arrière, 6 ajusteurs et 3 surveillants.





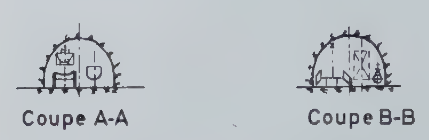


Fig. 13. — Disposition générale du matériel à front du bouveau en creusement.

1. Jumbo Meudon en position de forage.
1'. Jumbo en position de repos.
2. Monorail pour la translation du jumbo.
3. Estacade de chargement de déblais par scrapage.
4. Convoyeur-répartiteur suspendu.
5. Monorail pour le convoyeur-répartiteur.
6. Convoyeur à courroie.
7. Ligne des canars d'aérage.
8. Canars métalliques de 400 mm de diameter.

TABLEAU I

Répartition du personnel

		Poste I	Poste II	Poste III
A front	ouvriers	2	2	2
	manœuvre	1	1	1
	boutefeu	1	1	1
Arrière	ouvrier	1		
	manœuvre	1		
	robineur	1	1	1
Ajusteurs		2	2	2
Surveillant		1	1	1

41. Travail à front

Le travail a été organisé pour réaliser une passe de 2,5 m/poste.

La figure 14 montre la durée des diverses phases de travail en fonction du temps utile. On constate que l'opération la plus longue est le chargement des déblais avec 31,5 %.

La figure 13 donne l'organisation générale du cycle de travail et montre l'implication des diverses opérations entre elles.

Le tableau II donne la répartition des temps en Hp prestés pour les opérations principales.

Le tableau III donne le détail des diverses opérations partielles.

Grâce à l'introduction du jumbo, la préparation du forage, y compris la translation et la mise en station de l'appareillage, ne prend plus que 18 minutes aux quatre membres du personnel; le retour du jumbo prend 14 minutes à chacun des 4 ouvriers manœuvre et boutefeu.

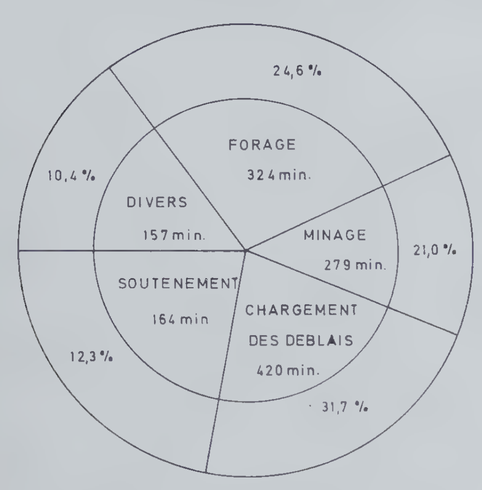


Fig. 14. — Durée de diverses phases de travail à front en fonction du temps utile; les temps donnés sont en minutes Hp.

Le forage proprement dit des 36 mines de 2,25 m de longueur et de 42 mm de diamètre dure 1 h 38. Il est réalisé par deux ouvriers. Ceci correspond à une durée totale de 5,5 min par trou ou une vitesse commerciale de 41,3 cm/min, ce qui est assez faible.

Le chargement des déblais par scrapage, y compris la préparation du travail, prend en moyenne 1 h 42 min pour chacun des 4 ouvriers et boutefeu, ce qui correspond à une capacité de chargement de 30,4 m³ foisonnés/h.

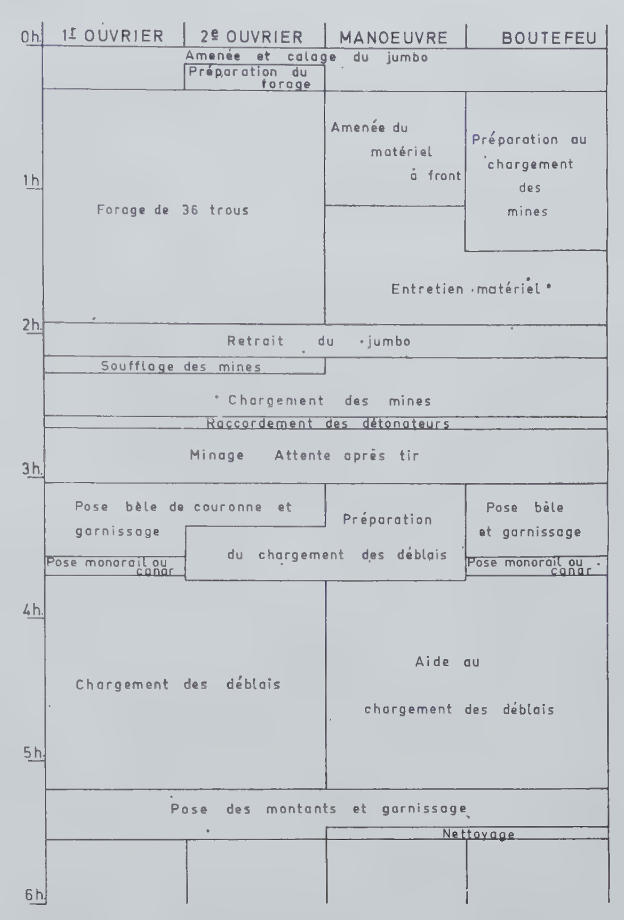


Fig. 15. — Organigramme donnant la répartition du travail à front.

TABLEAU II

Temps total des opérations principales par passes de 2,25 m

	Temps total presté en minutes hommes-poste			
	Personnel ouvrier	Boutefeu	Total	en %
Forage	292	32	324	24,6
Chargement des mines et tir	159	120	279	21,0
Chargement des déblais	330	90	420	31,7
Pose de soutènement	112	52	164	12,3
Entretien matériel	50	31	81	6,2
Amenée du matériel à front	48		40	3,0
Pose monorail ou canars	8	8	16	1,2
		35	1324	100
	ou 16 h 39	ou 5 h 25	ou 22 h é	

42. Travail à l'arrière

Le ravancement de l'estacade de chargement, des deux monorails, du raillage, des canars d'aérage, des tuyauteries... est effectué aux trois postes par quatre équipes auxiliaires comprenant :

— au poste I, une équipe de deux ajusteurs et une équipe formée par un ouvrier et son aide;

TABLEAU III

Phase de travail	Opération	Temps en h/poste			% age par phase de travail
		Ouvriers et manœuvres	Boutefeu	Total	
Forage	Avancements du jumbo	24	8		9,9
	Callage du jumbo	0	10		9,3
	Préparation du forage	10			3,1
	Forage du jumbo	196			60,4
	Retour du jumbo	4	14		17,3
				324	
Minage	Préparation cartouches		57		20,4
	Amenée des explosifs	7	7		5
	Préparation ligne de tir		10		3,6
	Soufflage	14			5
	Chargement des mines	54	18		5,8
	Evacuation matériel	5			1,8
	Raccordement détonateurs	10	5		5,4
	Minage	60	0		8,7
	Retour à front	9	3		4,3
				279	
Chargement déblais	Préparation	7			1,7
	Foration des 3 fixations pour poulies	30			7,2
	Bourrage de ces 3 points fixes	16			3,8
	Pose des poulies	17			4,1
	Chargement des déblais	114			20,3
	Nettoyage à l'escoupe	30			7,2
	au pic	18			4,3
	au marteau-piqueur	10			2,4
	Aide au chargement	88	88		4
				420	
Soutènement	Avancement cora	12	6		
	Direction	14	7		
	Pose bêle de couronne	10	5		
	Garnissage en couronne	9	9		
	Pose bois de calage	4	4		
	Pose des montants	54	16		
	Garnissage parois	4			
	Nettoyage	5	5		
				164	
Travaux auxiliaires	Pose canar ou monorail	8	8		
	Entretien matériel	50	31		
	Amenée matériel front	48			
				145	

— aux postes II et III, une équipe de deux ajusteurs.

Il y a en plus à chaque poste, un ouvrier faisant fonction de robineur au point de déversement des déblais de la cheminée en berlines.

L'estacade de chargement est ravancée tous les 2 jours. Le cycle de travail de ces équipes est donc organisé sur deux jours. Le tableau IV donne les diverses opérations effectuées par les différentes équipes et par les robineurs.

TABLEAU IV

Avancements mensuels

Année	Mois	Avancements en m/mois
1971	septembre	70
		65
	novembre	53
	décembre	8
1972	janvier	120
	février	118
	mars	100
	avril	17 (arrêt du creusement)
	octobre	75 (reprise du creusement)
	novembre	67 (traversée d'un banc de grès très dur)
	décembre	83
1973	janvier	69

43. Avancements réalisés

Le tableau IV donne les avancements mensuels réalisés lors du creusement du bouveau équipé d'un jumbo.

A titre de comparaison, les avancements moyens mensuels réalisés lors du creusement du bouveau situé à l'étage 120 ont été de 63 m, avec un avancement de 60 cm/Hp à front et de 23 cm/Hp total.

Le jumbo Meudon a été amorti sur 650 m de creusement.

En ce qui concerne l'entretien de ce jumbo, signalons que, depuis sa mise en service jusqu'au 31 janvier 1973, les dépenses ont été les suivantes :

— pièces de rechange pour les marteaux-perforateurs : 88.074 F
— pièces de rechange pour le jumbo : 74.000 F
— frais de main-d'œuvre : 135.000 F

Total : 297.074 F

Le coût de l'entretien est ainsi de 300 F par mètre de bouveau et de 17 F par mètre de foration.

5. AVANTAGES APPORTES PAR L'INTRODUCTION DU JUMBO DE FORAGE

1°) Diminution des efforts physiques au cours de la phase de forage, ce qui permet de continuer à exécuter ces travaux avec des ouvriers plus âgés.

2°) Augmentation du taux d'utilisation de chaque membre de l'équipe pendant chaque opération du cycle.

3°) Meilleure exécution du tir, ce qui permet de réaliser les opérations de garnissage et de troussage et, suivant la nature des terrains, d'allonger les tirs.

4°) Possibilité d'utilisation de marteaux perforateurs plus lourds et plus rapides, voire même de perforateurs électriques.

5°) Amélioration des performances des équipes en augmentant les performances individuelles de 30 à 40 % dans l'intention de réduire l'effectif employé aux creusements.

L'utilisation de ce jumbo a permis une réduction d'un homme par poste, en saturant le reste de l'équipe. Pour les avancements réalisés dans ce bouveau, ceci correspond au gain d'un ouvrier pour 2 mètres de bouveau, soit donc l'économie de 900 FB/m de bouveau.

En se basant sur un avancement moyen de 70 m/mois, le jumbo (de 650.000 FB) est amorti en 9 mois.

D'autres économies seront réalisées, en ce qui concerne le matériel, par l'immobilisation de moins de marteaux et poussoirs, par un emploi plus rationnel des fleurets, par la réduction du nombre de flexibles.

Sélection des fiches d'INIEX

INIEX publie régulièrement des fiches de documentation classées, relatives à l'industrie charbonnière et qui sont adressées notamment aux charbonnages belges. Une sélection de ces fiches paraît dans chaque livraison des Annales des Mines de Belgique.

Cette double parution répond à deux objectifs distincts :

a) *Constituer une documentation de fiches classées par objet,* à consulter uniquement lors d'une recherche déterminée. Il importe que les fiches proprement dites ne circulent pas ; elles risqueraient de s'égarer, de se souiller et de n'être plus disponibles en cas de besoin. Il convient de les conserver dans un meuble ad hoc et de ne pas les diffuser.

b) *Apporter régulièrement des informations groupées par objet,* donnant des vues sur toutes les nouveautés.

C'est à cet objectif que répond la sélection publiée dans chaque livraison.

A. GEOLOGIE. GISEMENTS. PROSPECTION. SONDAGES.

IND. **A 34** Fiche n° **60.523**

P. MASSON. La recherche du pétrole en Mer du Nord. — **Annales de l'Institut Belge du Pétrole,** 1971, 4me trimestre, p 7/36, 32 fig.

Quand on regarde la carte avec toutes les découvertes importantes qui se sont succédé au cours de ces quatre dernières années, on voit se dessiner au sud-ouest une vaste province gazière permienne et triasique, et au nord du bassin une province encore plus vaste, plus spécifiquement pétrolière, avec trois objectifs jusqu'ici : le Paléocène sableux, le Danien carbonaté et le Mésozoïque. Et évidemment la question se pose. La Mer du Nord pourrait-elle ravitailler l'Europe ? M. Heath est optimiste, il disait récemment à la Chambre des Communes que le secteur anglais serait capable de produire 75 millions de tonnes de pétrole, soit les 3/4 des besoins anglais actuels. Mais, à l'échelle de l'Europe, nous devons avoir à l'esprit qu'en 1980 il faudra mettre sur le marché 1 milliard de tonnes de pétrole par an. Ekofisk et des structures avoisinantes pourront peut-être produire annuellement 15 à 25 millions de tonnes, Forties 20 millions. Il faudrait donc 50 Ekofisk ou Forties pour satisfaire nos besoins d'alors. Ce qui semble impossible si on tient compte du rythme actuel des découvertes. Pourrions-nous assurer pour un temps 30 à 40 % de

nos besoins que ce serait déjà un résultat inattendu. Cela signifierait une quinzaine d'Ekofisk, ce qui est déjà plus raisonnable, il y a de la place pour contenir les champs nécessaires.

Biblio. 19 réf.

Résumé de la revue.

IND. **A 40** Fiche n° **60.524**

F.W. Mineral surveys. Ihre Bedeutung für die Bergwirtschaft. *La prospection minérale. Son importance pour l'économie minière.* — **Montan-Rundschau,** 1972, septembre, p. 256/263.

Après avoir donné quelques définitions générales, l'auteur apporte une réponse circonstanciée à chacune des questions ci-après : 1) Quelles sont les matières premières minérales auxquelles s'adressent la reconnaissance et la prospection et quelles sont, dans le cas de résultats positifs de cette reconnaissance, les conséquences qui en résultent pour l'économie minière d'un pays. 2) Buts et objectifs de la reconnaissance et de la prospection minières. 3) Dans quel ordre de grandeur se situe l'importance financière de tels projets de recherches minières. 4) Conditions préalables à une campagne de recherche minière et contenu d'une telle recherche (les différentes phases qu'elle comporte).

IND. **A 40** Fiche n° **60.296**

R.A. KENNEDY et E.J. WADE. Feasibility studies for large open pit mines. Planning to minimize costs and maximize profits should start at exploration stage - forewarned is forearmed. *Etudes sur les possibilités de grandes exploitations à ciel ouvert. L'étude du projet au point de vue économique devrait se faire en même temps que la prospection.* — **World Mining,** 1972, août, p. 70/77, 10 fig.

La nécessité d'exploiter à notre époque des gisements de plus en plus pauvres nous impose, avant d'entreprendre une exploitation, de bien évaluer sa rentabilité. L'article traite les différents éléments de cette étude préalable, envisageant plus particulièrement les grandes exploitations à ciel ouvert. Successivement, il aborde les problèmes de la prospection initiale et de la cartographie, la reconnaissance par sondages, la récolte d'échantillons et leur analyse, l'évaluation des réserves. Il y a généralement lieu de compléter l'étude par des essais métallurgiques réalisés dans une installation pilote avec des mélanges de prises d'essai représentant une production moyenne. Une première évaluation économique peut ainsi être obtenue. Viennent ensuite les calculs du taux de production à réaliser, de la proportion de découvert et l'établissement du plan d'installation. Enfin, dans la phase finale prennent place les problèmes du choix des équipements, de la stabilité des talus, de la disposition des stériles, de la préparation mécanique et des services auxiliaires.

IND. **A 53** Fiche n° **60.290**

G.E. RENNICK, J. PASINI III, F.E. ARMSTRONG et J.R. ABRAMS. Demonstration of safety plugging of oil wells penetrating Appalachian coal mines. *Démonstration du scellement avec sûreté de trous de sonde au pétrole pénétrant dans les charbonnages des Appalaches.* — **Bureau of Mines Technical Progress Report,** 1972, juillet, n° 56., 23 p., 10 fig.

Dans la partie N.W. de la Virginie, un trou de sonde au pétrole pénétrant au travers de la couche de charbon bitumineux Pittsburgh fut obturé par un bouchon et exploité en sécurité trois mois plus tard. Un gaz traceur sensible, introduit dans le réservoir à pétrole (roche magasin) avant le test, ne fut pas détecté dans l'air de la mine après l'achèvement du scellement du trou de sonde, ni durant l'exploitation du pilier de charbon. L'efficacité du bouchon obturant — qui empêchait que le gaz du réservoir à pétrole ne pénètre dans l'atmosphère de la mine, par l'intermédiaire du trou de forage — fut vérifiée par la surveillance continue de l'air du fond du charbonnage, par injection d'hexafluorure de soufre, gaz inerte qu'on injectait dans le réservoir et détectable dans le courant de ventilation à la concentration de $0,5/10^9$. Un ciment expansible et une bouillie à base de gel d'eau et de cendres volantes furent utilisés comme joints de scellement au-dessus et au-dessous de la couche de charbon.

B. ACCES AU GISEMENT. METHODES D'EXPLOITATION.

IND. **B 10** Fiche n° **60.490**

R. HELFFERICH. Technische Fortschritte im deutschen Schachtbau. *Progrès techniques dans le domaine de la construction des puits en Allemagne.* — **Glückauf,** 1972, 28 septembre, p. 917/919.

La technique de construction de puits actuellement appliquée en Allemagne est en fait fortement influencée par : 1) le soutènement du puits sans liaison au terrain, méthode dans laquelle le cuvelage ou le revêtement du puits se trouve entouré d'une couche de matériau caractérisé par une grande plasticité (bitume) ; 2) le nouveau type de soutènement (anneaux de béton de 5 m de hauteur avec grands joints de 0,30 m entre 2 anneaux) pour puits creusés en terrains de couverture, compacts et résistants. Egalement la mécanisation des opérations de forage et de tir des mines, ainsi que de chargement des produits abattus, revêt une grande importance en matière de creusement de puits. Il en est de même pour l'application des procédés de congélation et de cimentation des terrains, lors de l'approfondissement de puits de faible longueur.

IND. **B 114** Fiche n° **60.497**

K. STOSS. Die Fortschritte des Gefrierverfahrens. *Les progrès du procédé de congélation.* — **Glückauf,** 1972, 28 septembre, p. 943/946, 5 fig.

Après une longue stagnation, la théorie et la technique de la congélation des sols par circulation, dans des colonnes de tuyaux, de fluide à basse température ont réalisé tout récemment d'importants progrès. Ceci vaut tant pour les héroïques principes à la base de la méthode que pour l'exécution pratique des opérations. L'auteur en fait un bref exposé. Par les perfectionnements techniques ainsi concrétisés et par la grande rentabilité qui en est résultée, le procédé de congélation des terrains a trouvé également pour les travaux du fond des mines, un intérêt rénové et accru ainsi qu'un champ d'application élargi. L'auteur donne un bref aperçu de l'évolution historique et technique du procédé de congélation des terrains, ainsi que des progrès réalisés au cours des dernières années.

Biblio. : 38 réf.

IND. **B 31** Fiche n° **60.496**

A. SOMMER, W. TIETZE et R. LANGE. Bergbauspezialgesellschaften im Tunnel- und Stollenbau. *Entreprises minières spécialisées dans le creusement des tunnels et des galeries débouchant à la surface.* — **Glückauf,** 1972, 28 septembre, p. 940/942, 5 fig.

La construction d'excavations souterraines à des fins les plus diverses : grandes salles de centrales souterraines, abris, ouvrages de centrales hydrauliques, tunnels ferroviaires et routiers, galeries ou puits inclinés débouchant à la surface, etc... crée des problèmes spécifiques que les entreprises spécialisées de travaux de génie civil et d'ouvrages miniers sont à même de résoudre individuellement ou en association. A partir de l'exemple du creusement du métro de Francfort, les auteurs exposent quels furent les types de travaux spéciaux que des firmes spécialisées ont menés à bien et quels furent les développements techniques qui les ont influencés. L'article traite également d'autres activités subséquentes connexes à la construction des tunnels ou galeries débouchant à la surface.

IND. **B 23** Fiche n° **60.405**

W.J.N. GROBLER. A 1,83 metre (6 ft) diameter subvertical winze excavated at Western Holdings Limited by means of a raise-borer and equipped for rock hoisting. *Un burquin sub-vertical de 1,83 m de diamètre, creusé en montant, à Western Holdings Limited, au moyen d'une foreuse (raise-borer) et équipé pour extraire les pierres.* — **Association of Mine Managers of South Africa.** Papers and discussion 1970-1971-1972, p. 511/528, 12 fig.

L'article expose les raisons qui ont conduit à entreprendre le creusement d'un burquin auxiliaire à l'extraction des 3 puits existants. Il décrit ensuite le creusement au moyen de la machine : d'abord trou pilote de 28 cm de diamètre, puis alésage à 1,83 m sur 184 m de hauteur. La vitesse de pénétration a été de 1,6 m/h pour le trou pilote et 0,35 m pour l'alésage. On décrit ensuite l'équipement permanent du burquin : treuil d'extraction, skip et contrepoids, basculage.

IND. **B 31** Fiche n° **60.277**

F. BRUNE. Erfahrungen beim Bau des Oker-Grane-Stollens. *Expériences récoltées à l'occasion de la construction du tunnel Oker-Grane.* — **Erzmetall,** 1972, août, p. 375/381, 7 fig.

Au cours des années 1969/71, on procéda au creusement d'un tunnel Oker-Grane, long de 7300 m, afin de dériver une partie des eaux du barrage d'Oker vers le barrage de Grane dépendant du premier. L'auteur décrit les conditions géologiques des Monts du Harz avec leurs nombreuses zones dérangées traversées, ainsi que la progression chronologique (timing) des travaux de creusement effectués au moyen d'une machine à forer les tunnels Demag 28-31 H (∅ de la section 3,15 m). Il donne un compte rendu détaillé des difficultés auxquelles la machine eut à faire face et il tire des conclusions pour une application subséquente dans des conditions similaires (dureté de la roche caractérisée par R atteignant 2400 kg/cm²). Du fait qu'un tronçon de tunnel fut creusé selon les méthodes traditionnelles de forage et d'abattage à l'explosif, il fut possible de procéder à d'utiles comparaisons entre les deux méthodes.

IND. **B 54** Fiche n° **60.403**

C. HEEVER et R.A. ATTRIDGE. Open-cast mining at the Swaziland Iron Ore Development Company Ltd. *L'exploitation à ciel ouvert à la « Swaziland Iron Ore Development Company Ltd. »* — **Association of Mine Managers of South Africa.** Papers and discussion 1970-1971-1972, p. 227/332, 41 fig.

Le gisement exploité est une couche d'hématite de 45 m d'épaisseur, subdivisée en plusieurs zones et intercalations. Après exécution d'un programme de reconnaissance, puis d'installation, la mine a été ouverte en 1964 avec contrats pour la fourniture d'environ 25 Mio.t de minerais de fer à plusieurs pays, le Japon principalement. L'article présente une longue étude de cette exploitation, qui comprend les chapitres suivants : Géologie du gisement - Personnel de direction - Etudes sur la stabilité des pentes et les plans des excavations à ciel ouvert - Utilisation des ordinateurs dans la planification de la mine - Opérations de l'exploitation : Forage des mines et tirs - Equipement d'exploitation - Chargement et transport - Evacuation des eaux - Disposition des stériles et découvert - Construction des routes -

Installations du traitement des minerais et chargement pour expédition - Organisation de l'entretien - Tendances futures dans l'industrie du minerait de fer. Etablissement des budgets et prix de revient.

C. ABATTAGE ET CHARGEMENT.

IND. **C 4220** Fiche n° **60.284**

G.A. GUPPY et B.N. WHITTAKER. Abstract of « High speed ploughing with special reference to the fixed-cut principle ». *Résumé de « Rabotage à vitesse élevée en se référant spécialement au principe de la profondeur de coupe fixée ».* — **The Mining Engineer,** 1972, septembre, p. 591/601 (avec discussion), 5 fig.

Certains systèmes de rabotage à grande vitesse peuvent accroître de plusieurs fois la production par poste de longues tailles. Ils constituent un moyen d'élargir le champ d'application du rabot aux charbons des plus durs du fait qu'il devient ainsi possible de réaliser des productions horaires plus grandes en recourant à des profondeurs de coupe très minces (allant jusqu'à 2 cm). En pareille circonstance, la granulométrie des produits (pourcentage élevé de fines), les poussières et le dégagement de CH peuvent toutefois constituer des facteurs limitatifs de la méthode, et ceci met l'accent sur l'emploi d'un système à profondeur de coupe fixée pour contrôler celle-ci au niveau permissible le plus élevé. Le rabotage opéré dans un seul sens de marche présente vraisemblablement en puissance plus de bénéfice que tout autre système de rabotage. du fait qu'il permet d'accroître la production horaire par simple augmentation de la vitesse, alors qu'il n'est pas nécessaire de réduire la profondeur de coupe. Par ailleurs, ce système donne lieu à un objectif subséquent, à savoir celui de repenser la conception et la réalisation des rabots en vue d'une efficacité accrue du procédé.

IND. **C 4220** Fiche n° **60.285**

K. BECKMANN. Die Gewinnung mit dem Kohlenhobel. *L'abattage du charbon au rabot.* — **Glückauf,** 1972 31 août, p. 777/787, 10 fig.

Environ les 2/3 de la production houillère de la République Fédérale d'Allemagne est obtenue par des rabots dont le sabre glisse sur le mur, sous le convoyeur, halés par une chaîne disposée le long du convoyeur, côté arrière-taille. Forme, longueur et nombre d'articulations du sabre, possibilités de réglage des porte-couteaux et du taillant de coupe au mur, mise en talus du front avec possibilités de raboter même dans de telles conditions, ainsi que le type de guidage du rabot, autant de caractéristiques essentielles qui différencient les divers modèles de rabot entre eux. Profondeur de coupe, disposition et forme des couteaux influencent la résistance à l'abattage. Les rabots à sabre présentent des résistances au frottement élevées, dues à la résistance au glissement sur le mur, sous les couloirs chargés du blindé, notamment par les forces résistantes exigées pour contraindre le rabot à passer dans l'étroite allée qui existe entre le convoyeur et le front de taille. On dispose de deux moyens techniques pour neutraliser cet inconvénient: 1) le ripage défini du blindé pour une profondeur de coupe fixée a priori, après chaque passage du rabot, on assure ainsi une largeur constante à l'allée de rabotage; 2) le même résultat peut être atteint au moyen d'une rampe qui sert de surface métallique de glissement à un rabot sans sabre, avec chaîne disposée le long du convoyeur, côté front de taille. Les nouveaux développements qu'on peut espérer du rabot glissant permettent d'escompter des avantages supplémentaires pour l'avenir. Le contrôle en hauteur du niveau de coupe du rabot peut être désigné, à juste titre, comme la tâche la plus importante de la technique du rabotage. Ce réglage est essentiellement facilité par un réglage indépendant des couteaux de rabotage proprement dits et de celui du mur, ainsi que par des cylindres ripeurs placés côté arrière-taille du convoyeur. Dans les couches minces, il importe que la vitesse du rabot soit choisie plus grande que celle du convoyeur (procédé dit du surpassement de vitesse). Dans les couches puissantes, le procédé traditionnel (c'est-à-dire celui où le rabot, tout au moins dans sa course descendante, se déplace plus lentement que le convoyeur) présente certains avantages. Par ailleurs, la décision concernant la formule à adopter est influencée par la profondeur de coupe possible, par l'obtention d'une granulométrie optimale des produits et par d'autres facteurs ressortissant à l'exploitation. Moyennant des conditions géologiques favorables, on a déjà réalisé (moyenne mensuelle) des productions au chantier de l'ordre de 4000 t nettes/jour; la production maximale obtenue à l'occasion d'essais ne durant qu'un jour dépassa 7000 t. Ces chiffres confirment l'avenir du rabot.

Biblio. : 13 réf.

IND. **C 4232** Fiche n° **60.414**

H. NOCKE, F. HORNEMANN et J. SCHULTE. Maschinelle Aufhauen auf der Zeche Zollverein. *Creusement mécanisé des montages au siège Zollverein.* — **Glückauf,** 1972, 14 septembre, p. 856/865, 8 fig.

Au puits Zollverein, depuis 1966, fonctionne une machine à creuser les montages Westfalia VM 04. En raison de son faible encombrement, en hauteur de 1085 mm et en largeur de 3860 mm, la machine s'indique pour travailler en couche moyenne. En l'espace de 5 ans, cet engin a creusé

plus de 6000 m de montage, en plateures dont la pente atteignait jusqu'à 13,5°. Son emploi dans des semi-dressants semble toutefois possible. A une hauteur moyenne utile effective de 1,40 m du montage correspond une coupe de 1,10 m en charbon et de 0,30 m en toit (R jusqu'à 450 kg/cm²). L'utilisation de cette machine s'est jusqu'à présent soldée par d'excellents résultats; la consommation de main-d'œuvre par mètre de montage s'élève en moyenne à 2,4 Hp/m contre 4 auparavant. Cet indice comprend également les postes affectés à la préparation et à la finition du montage, ainsi que le transport de matériel et l'entretien au cours du creusement. Le coût de revient total du mètre de montage ouvert avec cette machine s'établit en moyenne à 460 DM/m contre 560 DM/m selon la méthode manuelle traditionnelle. La quote-part des frais de main-d'œuvre dans le coût de revient total — qui était de 85 % par creusement manuel classique — est tombée à 63 % en recourant à la VM. 04. L'avancement journalier moyen est de l'ordre de 15 m/jour (avec maximum de 38 m/jour). D'autres utilisations possibles sont offertes à cette machine, outre le creusement mécanisé des voies, dans le cas d'une exploitation rabattante, pour autant que l'attaque s'opère sur une hauteur de coupe d'au moins 1,50 m tout en charbon ou avec une brèche de toit (pour autant que celui-ci ne soit pas trop dur, c'est-à-dire R < 450 kg/cm²).

D. PRESSIONS ET MOUVEMENTS DE TERRAIN. SOUTENEMENT.

IND. **D 120** Fiche n° **60.273**

P. MORLIER. Influence de la pression sur le comportement rhéologique des roches. — **Revue de l'Industrie Minérale.** N° spécial : Cahiers du groupe français de rhéologie. 1972, 15 juin, p. 405/413, 7 fig.

On montre comment, sous l'effet de contraintes et de températures de plus en plus fortes, les roches passent du comportement fragile au comportement plastique; à partir de l'exemple d'un calcaire compact, trois domaines sont définis (fragilité, pseudo-plasticité, plasticité), le second ayant pour mécanisme principal le glissement aux joints de grains; les frontières entre ces domaines peuvent être extrêmement bien définies dans l'espace (contraintes principales, température).

Biblio. : 4 réf.

Résumé de la revue.

IND. **D 220** Fiche n° **60.401**

S.C. MULLER et W.D. ORTLEPP. Practical support techniques of minimizing falls of ground on a deep mine - E.R.P.M. Ltd. *Techniques de soutènement pratiques pour minimiser les chutes de roches, dans une mine profonde - E.R.P.M. Ltd.* — **Association of Mine Managers of South Africa.** Paper and discussion 1970-1971-1972, p. 101/112, 5 fig.

Dans les exploitations d'Afrique du Sud, où les profondeurs atteignent 2000 et 3000 m, se posent des problèmes de soutènement spéciaux. Les terrains sont généralement résistants, quartzites principalement, mais les travaux d'excavation introduisent des phénomènes de pression de terrains, fracturation verticale des bancs en avant et au droit des fronts de taille, coups de toit, etc. L'article détaille les moyens utilisés pour lutter contre ces accidents, dus à la grande profondeur : procédés d'étançonnage en gradins et en galeries, temporaires ou permanents. Il est important aussi de surveiller de près les tirs à l'explosif afin qu'ils ne déforcent pas les bancs de roches qui doivent rester en place. L'emploi du boulonnage se recommande généralement.

IND. **D 34** Fiche n° **60.274**

R. ATALLAH. Contribution à l'étude de la perte de précontrainte par fluage-relaxation combinés dans les éléments en béton précontraint. — **Revue de l'Industrie Minérale.** N° spécial : Cahiers du groupe français de rhéologie. 1972, 15 juin, p. 414/436, 18 fig.

La méthode du cumul des pertes, par retrait et fluage du béton et relaxation de l'acier, employée dans les spécifications techniques actuelles pour déterminer la perte totale différée de précontrainte, conduit à une surestimation de cette dernière. L'application de la rhéologie à l'étude de ce problème important sur le plan pratique permet de réduire cette surestimation. Un matériel expérimental, d'un type nouveau, pour contrôler les phénomènes de fluage par du béton, de relaxation pure de l'acier et du fluage-relaxation combinés est présenté. Les résultats expérimentaux donnés concernent l'influence des contraintes initiales du béton et de l'acier et du rapport de ces contraintes sur l'évolution de l'état de contrainte et de déformation des matériaux dans l'élément précontraint, l'évaluation de la surestimation de la perte de précontrainte par la méthode du cumul des pertes, la comparaison entre les phénomènes de fluage et de relaxation purs (contrainte et déformation imposées constantes) et combinés (contrainte et déformation variables). Enfin, une confrontation entre des résultats théoriques et expérimentaux est présentée.

Biblio. : 9 réf.

Résumé de la revue.

IND. **D 35** Fiche n° **60.406**

G. RODRIGUEZ. Les résines synthétiques et leurs utilisations dans les travaux publics et le bâtiment. — **Le Génie Civil**, 1971, mars, p. 155/159, 6 fig.

Parmi les nombreuses applications des résines synthétiques que l'auteur passe en revue, on relève les suivantes relatives aux usages des résines époxy dans les domaines miniers suivants : *Galeries souterraines, tunnels* : consolidation des terrains, des bétons et maçonneries, aveuglement et étanchement de fissures, joints de reprises etc. par injection, sous pression (parfois plus de 100 bars) au moyen de résine fluide Rocfluide Sunlith (polyester modifié) ou de résines époxy Rocplastic E10 et E12. Sunlith. *Scellement. Boulonnage du toit* : le scellement s'effectue sur toute la longueur de la tige (c'est la raison pour laquelle on lui a donné le nom d'ancrage réparti). Au début, comme matière première, on utilisait de la résine Norsodyne 34, résine polyester, fabriquée par les Houillères du Nord et du Pas-de-Calais; on la mélangeait, sur le chantier à une charge pour constituer une sorte de mastic au moment de son introduction dans le trou, immédiatement avant la mise en place de la tige elle-même. Depuis quelques années, on a remplacé cette technique par des cartouches préfabriquées « Celfix ».

IND. **D 53** Fiche n° **60.393**

S.K. MUKHERJEE et K. N. SINHA. Investigation on the application and performance of pneumatic stowing in Indian mine. *Etude sur l'application et les performances du remblayage pneumatique dans une mine de l'Inde.* — **Central Mining Research Station (Dhanbad).** Research Paper n° 49. Réf. M 26/49, 1970, mars, 87 p., 17 fig.

Les auteurs donnent un compte rendu des observations qu'ils ont faites au chantier relativement à la première application dans un charbonnage indien du remblayage pneumatique au moyen d'une remblayeuse Markham. Celle-ci est capable d'un débit horaire de 90 m³/heure, moyennant une consommation en air comrimé (1,6 kg/cm² de pression) de 60 m³/min. La période de référence que couvre la présente étude s'étend sur 34 mois (mars 1966 - décembre 1968). Pendant celle-ci, le débit moyen de remblayage fut de 30,3 m³/heure. Le remblayage durait de 2 à 2,5 heures par poste et 60 à 80 m³ de matériaux étaient mis aux remblais par poste. Le remblayage s'effectuait normalement au cours de 2 postes par jour. Le volume maximal remblayé au cours d'un poste de 8 heures fut de 170 m³.

IND. **D 73** Fiche n° **60.415**

I. KAISER. Das Verfestigen des Nebengesteins mit Polyurethan. *La consolidation des épontes à l'aide de polyuréthane.* — **Glückauf,** 1972, 14 septembre, p. 865/868, 6 fig.

L'auteur donne un compte rendu d'essais effectués aux sièges Auguste Victoria en vue de consolider les bancs d'un toit de contrôle difficile par injection de polyuréthane. Les premières expériences furent récoltées à une extrémité de taille à toit de qualité exécrable, puis le procédé fut appliqué dans un bouveau soumis à l'influence d'une exploitation sous-jacente et ensuite dans une taille (couche de 2 m d'ouverture) où on voulait éviter la chute d'un faux-toit friable, ainsi que dans la même taille lors de la traversée d'une zone dérangée. Dans cette même couche de 2 m, on utilise fréquemment le polyuréthane — en dernier ressort après l'échec des autres procédés — pour consolider les bordures de zones éboulées. L'action consolidante de cette résine synthétique donna constamment satisfaction. Sa manipulation ne présente aucune difficulté. Le procédé s'indique pour une intervention rapide limitée dans le temps et dans l'espace. La résine consolidée dispose d'une certaine élasticité; ceci explique pourquoi elle semble être efficacement applicable dans la zone des terrains soumise aux influences d'exploitation.

E. TRANSPORTS SOUTERRAINS.

IND. **E 1310** Fiche n° **60.413**

F. CLAES. Auslegung von Bunkern in Bandfördersystemen mit Hilfe der Simulation. *Conception des silos de stockage intégrés dans des systèmes de transport à bande, à l'aide de la simulation.* — **Glückauf,** 1972, 14 septembre, p. 852/856, 7 fig.

Le problème de la conception optimale du transport dans un réseau de galeries principales où s'interconnectent des silos de stockage exige, en premier lieu, la détermination de la dépendance qui existe entre panne de transport dans les tailles, capacité de stockage du silo et capacité du transporteur à bande. A l'aide de mesures de débit de production dans les tailles, l'auteur établit des principes à la base d'une simulation du flux des produits abattus, qui permettent de représenter les dépendances mentionnées et de reconnaître les effets de mesures appropriées concernant la conception, l'implantation, le dimensionnement et l'organisation. A partir d'exemples choisis dans la pratique, l'auteur illustre l'application de ces principes et mesures. Suivent des considérations critiques qui montrent l'ampleur du développement qui reste à faire.

Biblio. : 3 ref.

IND. **E 20** Fiche n° **60.286**

P.K. PFANNENSTIEL. Die Planung der Hauptstreckenförderung für die 5. Sohle der Zeche Auguste Victoria. *Le planning du roulage du 5me étage du puits Auguste Victoria.* — **Glückauf,** 1972, 31 août, p. 788/797, 6 fig.

Le roulage principal au 5e étage du puits

Auguste Victoria s'opère essentiellement au moyen de locomotives diesel (Klöckner-Humbold-Deutz A.G. Type GG 90B) et de wagonnets de 3500 litres de contenance. Une concentration des produits à transporter sur bandes, sur quelques points de chargement de grande capacité, rend possible, entre ceux-ci et les puits, l'établissement de circuits de roulage, ne présentant aucun croisement. On a réalisé une organisation efficiente du transport principal grâce à la mise en œuvre d'une « vigile de transport ». Des culbuteurs rotatifs de grande capacité et une vaste trémie de stockage du charbon brut à laver assurent la vidange « passante » (c'est-à-dire sans décrocharge) des rames de wagonnets, aux contours du puits d'extraction. Au puits 7, deux installations modernes d'encagement permettent l'extraction, au cours de deux postes de la journée, du charbon partiellement criblé au fond (< 120 mm). Ainsi donc, le transport principal décrit tel qu'on l'a conçu et réalisé permettra de satisfaire toutes les exigences prévisibles pendant la durée du 5e étage.

Biblio. : 11 réf.

IND. **E 442** Fiche n° **60.394**

P. R. ROY, M. N. TARAFDER et A. K. BISWAS. Method of wire rope testing and evaluation of test results. *Méthodes d'épreuve des câbles à fils métalliques et évaluation des résultats d'épreuves.* — **Central Mining Research Station.** Dhanbad. Research Paper n° 50, 1971, février, 45 p., 16 fig. Réf. E7/50.

En général, résistance à la traction et ductibilité sont les deux propriétés technologiques les plus importantes des fils d'acier. Tous les facteurs influençant ces propriétés revêtent une grande importance pour les fabricants de fils. Lors du travail à froid du métal — auquel la tréfilerie recourt de plus en plus — la résistance naturelle des fils augmente par suite du durcissement que l'opération confère au métal. Les variables d'influence qui interviennent dans les câbles à fils sont nombreuses et complexes et pour cette raison ont été l'objet d'études intensives. L'examen physique et les essais mécaniques d'éprouvettes de fils, répondirent bien aux changements qui intervinrent dans la composition chimique, dans les brevets, dans les programmes d'étirage et dans la perte de métal due à l'usure et à la corrosion. L'adaptabilité et la résistance vis-à-vis du rapport poids des câbles à fils, sont employées sur une grande échelle dans tout mouvement mécanisé de matériaux. Dans la plupart des cas, les charges appliquées, quoique limitées par divers règlements et caractéristiques du plan de l'équipement, sont de nature variable et sujettes aux effets des conditions de l'équipement et des techniques de travail de l'opérateur. Vitesse et application de la charge varient considérablement depuis le câble à déplacement lent de la drague excavatrice jusqu'aux câbles à grande vitesse du treuil de forage rotary au pétrole. Chaque application nécessite un examen minutieux des conditions de fonctionnement en vue de déterminer les caractéristiques qui, en dernier ressort, déterminent les performances du câble. C'est dans cette perspective que les auteurs ont tenté d'évaluer l'importance des méthodes d'épreuve de câble et d'interpréter les résultats d'essais en déterminant la condition des câbles en service.

IND. **E 53** Fiche n° **60.423**

R. LIEGEOIS. Télétransmission au fond. — **Commission des Communautés Européennes.** Journées d'information « Automatisation dans les charbonnages ». Luxembourg, 1972, 29-30 mai, 18 p., 10 fig. — **Annales des Mines de Belgique,** 1972, novembre, p. 1049/1068, 10 fig. Textes français et néerlandais.

Conclusions : Au point de vue technique et grâce à des systèmes associant des émetteurs-récepteurs portatifs à des lignes guides d'ondes, il semble que l'on puisse proposer actuellement une solution à bien des problèmes de communications et de télécommande dans les travaux du fond. Des progrès rapides ont été accomplis au cours de ces quelques dernières années et, si l'on tient compte de la miniaturisation en progression constante, on peut raisonnablement espérer un développement important des télétransmissions dans les mines au cours de la prochaine décennie. On remarquera qu'il n'y a pas une solution unique, mais une variété de systèmes faisant intervenir différents types de lignes guides d'ondes et différentes gammes de fréquences. L'application de la radio à la mine implique, en outre, un certain effort de la part des constructeurs. Certains appareils nouveaux doivent être construits pour la mine, mais étant donné l'intérêt mondial du développement, nous estimons que les constructeurs doivent saisir ce nouveau marché. Etant donné que les puissances d'émission à mettre en jeu dans les travaux souterrains sont relativement faibles, d'une part, et que les ondes sont rapidement absorbées par les roches, d'autre part, le rayonnement des systèmes est confiné à la zone d'action des lignes de transmission. Dès lors, aucun rayonnement n'est à craindre en dehors de la mine et la régie responsable ne s'oppose pas à l'emploi de la radio dans la mine. De l'avis de l'utilisateur, la radio dans la mine est un élément de confort, de sécurité, d'économie. On lui trouve des applications quotidiennes dans les chantiers de production comme dans les services. Dans le cas des catastrophes minières, elle peut soutenir le moral des emmurés, faciliter les travaux de sauvetage et sauver des vies humaines.

Résumé de la revue.

IND. E 53 Fiche n° **60.424**

I. STEUDEL. Nouveaux développements d'appareils radio dans les charbonnages de la République Fédérale d'Allemagne. — **Commission des Communautés Européennes.** Journées d'information « Automatisation dans les charbonnages ». Luxembourg, 1972, 20-30 mai, 13 p., 5 fig.

L'auteur esquisse une vue d'ensemble des récents appareils radio utilisés dans les charbonnages de l'Allemagne Occidentale et, grâce aux exemples choisis dont l'énumération suit, montre les possibilités qui s'offrent à la radio dans les travaux souterrains : 1. Radio à bord des locomotives. 2. Communications dans la mine : 21. Emetteur-récepteur pour tailles du Bergbau-Forschung GmbH. 22. Emetteur-récepteur de radio du siège Walsum. 3. Télécommandes par radio des machines d'abattage : 31. Télécommande de la firme Siemens A.G. 32. Télécommande de rabots glissants du Bergbau-Forschung GmbH. 4. Télécommandes par radio pour les installations de transports souterraines.

IND. E 53 Fiche n° **60.425**

P. BELUGOU. Télécommunications et télécommandes dans les tailles et les quartiers : quelques réalisations françaises. — **Commission des Communautés Européennes.** Journées d'information « Automatisation dans les charbonnages ». Luxembourg, 1972, 29-30 mai, 12 p., 5 fig.

L'auteur présente certaines solutions proposées par le Cerchar pour les communications dans les tailles ou le quartier. Il s'agit, soit d'appareils destinés à transmettre la parole dans différentes conditions du fond, soit d'appareillages destinés à la télécommande d'une machine. Cette dernière fonction demande des solutions différentes suivant que les ordres doivent être utilisés sur la machine mobile (cas d'une haveuse) ou en un point fixe (cas d'un rabot ou d'un monorail). Dans le premier cas, on fait appel à une télécommande à vue directe, dans le second à une télécommande à câble porteur. D'où le sommaire de l'exposé : *1ère partie : Transmission de la parole.* A) Transmission en taille et dans les voies avoisinantes à l'aide des X-Phones et des Y-phones : Description de ces appareils. Emploi. Résultats. B) Transmission de la parole à partir d'une haveuse : le « phasephone ». *2e partie : Télécommandes des machines en taille.* A) Télécommande à vue directe des haveuses : Intérêt de celle-ci. Principe. Ordres à transmettre. Traduction de l'ordre sur la machine. Exemple de réalisation. Réalisation de l'émetteur de télécommande à vue directe. Réalisation de la « Tranche Universelle » T.U. B) Télécommande d'un rabot nettoyeur ou d'un monorail. *Annexe :* Quelques notions succinctes sur la transmission des ondes au fond de la mine afin de justifier la variété des solutions choisies.

IND. E 53 Fiche n° **60.426**

P. DELOGNE. Système INIEX-Delogne de télécommunications et télécommande par radio. — **Commission des Communautés Européennes.** Journées d'information « Automatisation dans les charbonnages ». Luxembourg, 1972, 29-30 mai, 11 p., 9 fig. — **Annales des Mines de Belgique,** 1972, novembre, p. 1069/1081. Textes français et néerlandais.

Le but de communication est de rappeler les difficultés auxquelles se heurte la propagation des ondes électromagnétiques dans les galeries souterraines et de décrire un système original mis au point par l'Institut National des Industries Extractives (INIEX). L'auteur conclut comme suit : « Le système décrit vient s'ajouter à d'autres bien connus, mais il est sans doute celui qui possède actuellement les meilleures performances. En pose dégagée, les performances normales sont les suivantes pour des émetteurs de 1 watt de puissance et des récepteurs de 1 microvolt de sensibilité, à la fréquence de 30 MHz : - entre deux appareils mobiles : 2,5 km; - entre un appareil mobile et un appareil en couplage galvanique sur le câble : 4 km. A fréquence plus basse, l'atténuation du câble coaxial étant plus petite, on peut atteindre des portées encore plus grandes, par exemple 5 et 10 km à 3 MHz. Cependant, le marché des appareils portatifs ne s'intéresse pas à ces fréquences, dont l'utilisation en surface est réservée à la radiodiffusion et aux communications internationales, mais dont l'emploi en sous-sol, sans rayonnement extérieur, devrait être autorisé. Compte tenu du coût des divers systèmes, celui qui vient d'être décrit semble de toute manière devoir s'imposer pour des portées sans amplification supérieures au km entre appareils mobiles et à 1,5 km entre poste fixe et poste mobile. Il est de loin le meilleur pour les tailles ».

Résumé de l'auteur.

IND. E 53 Fiche n° **60.427**

D.J.R. MARTIN. Télécommunications par radio dans l'ensemble d'une mine. — **Commission des Communautés Européennes.** Journées d'information « Automatisation dans les charbonnages ». Luxembourg, 1972, 29-30 mai, 15 p., 8 fig.

Après avoir rappelé les principes à la base des télécommunications par radio dans les mines (propagation libre, ligne de transmission, fréquence optimale, allongement de la portée nominale), l'auteur expose comment, après de longues recherches, le MRE (Mining Research Establishment de Isleworth) est parvenu à mettre au point le système 986, système de communication bidi-

rectionnelle par radio entre personnes, convenant pour l'ensemble d'une mine. On en décrit : 1) la disposition typique du système radiophonique; 2) la mise en place du système et l'établissement de la ligne de transmission; 3) les équipements radiotéléphoniques mobiles ou personnels; 4) le plan d'application à Longannet; 5) la commercialisation du système; 6) ses développements ultérieurs.

Biblio. : 8 réf.

F. AERAGE. ECLAIRAGE. HYGIENE DU FOND.

IND. **F 130** Fiche n° **60.299**

J.A. DRUMMOND. Fan efficiencies on mines of the Union Corporation Limited. *Rendements de ventilateurs utilisés dans des mines de la « Union Corporation Limited ».* — **Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy,** 1972, juin, p. 295/303, 8 fig.

L'auteur détermina les performances caractéristiques, l'effet utile et le rendement d'un certain nombre de ventilateurs principaux et auxiliaires de mines, par des méthodes stardardisées et thermiques. Il donne un compte rendu des observations faites sur l'effet de l'accumulation d'eau et de poussières consolidées (crasses) sur les performances du ventilateur.

Biblio. : 4 réf.

IND. **F 21** Fiche n° **60.484**

F.N. KISSELL. Methane migration characteristics of the Pocahontas n° 3 coalbed. *Les caractéristiques de migration du méthane de la couche de charbon Pocahontas n° 3.* — **U.S. Bureau of Mines,** n° 7649, 1972, 19 p., 7 fig.

L'auteur procède à une comparaison des données relatives à la pression et au débit du méthane dans la couche Pocahontas n° 3, relevés in situ et à ceux résultant de mesures effectuées au laboratoire sur blocs de charbon. Il conclut que la source principale de gaz est davantage la couche vierge intacte que la zone fissurée et broyée, créée au voisinage des exploitations. Il calcule la capacité de sorption et de perméabilité de la couche intacte (non influencée), ainsi que les débits du dégagement grisouteux qui théoriquement y correspondent.

Biblio. : 15 réf.

IND. **F 40** Fiche n° **60.288**

H. BREUER. Fortschritte bei der Staub- und Silikosebekämpfung. *Progrès réalisés dans la lutte contre les poussières et la silicose.* — **Glückauf,** 1972, 31 août, p. 806/814, 6 fig.

En vue d'une évaluation de la concentration en poussières respirables, on a proposé des valeurs gravimétriques limites et celles-ci ont déjà été reprises dans les règlements miniers de l'Administration des Mines. Toutefois une insécurité subsiste à l'occasion de l'appréciation de la toxicité des poussières respirables, qui ne peut être déterminée uniquement et incontestablement par la teneur en quartz. Moyennant la connaissance de la disposition humaine vis-à-vis de l'effet nocif des poussières sur les bronches, il est possible, conjointement à une affectation adéquate des ouvriers aux chantiers, de réduire notablement les risques de pneumoconiose. D'une manière croissante, on utilise pour les recherches des conditions d'empoussiérage, des appareils gravimétriques qui procèdent à une séparation préalable des grosses poussières. Simultanément on tend de plus en plus, en vue de la lutte contre les poussières, à des instruments enregistreurs à indication directe des données de mesure. L'exécution et la fréquence des mesures sont déterminées par le type d'instruments et par les fluctuations des conditions d'empoussiérage. Du fait qu'il n'est pas possible de fixer immédiatement la charge individuelle en poussières de toutes les personnes, on devrait s'efforcer d'approcher aussi près que possible de la valeur réelle de cette charge par des mesures faites sur des échantillons prélevés au hasard, selon un schéma déterminé. Le développement des poussières dépend essentiellement de la composition du matériau, de la nature et de l'intensité de la comminution qui s'opère lors de l'abattage et du transport des produits, ainsi que du courant d'air aux endroits de production des poussières. En matière de lutte contre les poussières, il importe en premier lieu d'adapter les méthodes aux techniques d'exploitation modernes en usage, telles que infusion continue d'eau dans le massif de charbon, procédé de pulvérisation d'eau automatique, tant aux abatteuses à tambour et rabots que lors du foudroyage. La technique de dépoussiérage dans les mines — qui dans le passé ne fut appliquée qu'aux sources de poussières fixes — s'étend d'ores et déjà aux sources mobiles dans les tailles mécanisées et dans les creusements continus de voie; en l'occurrence, on utilise de plus en plus de petites dépoussiéreuses transportables, très efficaces.

Biblio. : 3 réf.

IND. **F 412** Fiche n° **60.416**

H. BECKER. Nassentstauber für Streckenvortriebsmaschinen. *Dépoussiéreurs à voie humide pour machines à creuser les galeries.* — **Glückauf,** 1972, 14 septembre, p. 868/871, 5 fig.

Lors du creusement mécanisé de voies d'exploitation, lorsque les épontes de la couche doivent être entamées (bosseyement au toit ou au mur), la mise en œuvre d'un dépoussiéreur est néces-

saire. Les expériences de service, récoltées à ce jour, montrent que les dépoussiéreurs, à haut rendement, opérant par voie humide, sont tout indiqués à cet effet. Ils remplissent l'exigence relative au faible encombrement, pour des pouvoirs de séparation très élevés. Les dépoussiéreurs travaillant par voie sèche, en raison de leurs grandes dimensions et de leur faible pouvoir séparateur, ne sont utilisables que moyennant des conditions préalables de fonctionnement particulières. L'auteur décrit la construction et le mode d'opération des dépoussiéreurs à voie humide et notamment ceux qui sont agréés. L'ordonnancement actuel des systèmes de dépoussiérage et de conduite de la ventilation revêt une importance particulière et l'auteur explicite leurs points de vue fondamentaux. Il met également l'accent sur la nécessité d'une intégration d'un système d'aspiration dans le creusement mécanisé des voies.

IND. **F 441** Fiche n° **60.501**

T.E. KOBRICK. Respiratory dust sampling report. *Rapport sur l'échantillonnage des poussières respirables.* — **Mining Congress Journal,** 1972, août, p. 55/61, 4 fig.

L'article expose la réglementation américaine en matière de contrôle des poussières respirables dans l'atmosphère des mines de charbon. Elle est inspirée par celle du Royaume-Uni avec laquelle elle est comparée quant à ses stipulations et ses tolérances ou dérogations autorisées. Les prises d'échantillons ont naturellement une importance essentielle : le personnel qui doit y procéder reçoit une formation spéciale et les appareils utilisés doivent être agréés. Ils comportent généralement un filtre et une pompe dont les pulsations influencent le captage des poussières. Les relevés effectués aux Etats-Unis au cours des deux dernières années montrent un net progrès des conditions d'environnement dans les mines. On signale l'emploi de l'appareil dénommé Donaldson Strata Scrubber consistant en un assemblage de minicyclones humides monté sur la machine abatteuse et dont l'efficacité de collection des poussières atteint une moyenne de 98 %.

IND. **F 60** Fiche n° **60.283**

G. ROBINSON, R.A. EVANS, G.D. MORGAN et E.G. ADAMS. Fire at Ogilvie Colliery. *Le feu au charbonnage de Ogilvie.* — **The Mining Engineer,** 1972, septembre, p. 573/590 (avec discussion), 6 fig.

Un important incendie survenant au fond est un évènement fortuit qui permet d'éprouver la validité des moyens de lutte et de l'organisation dont le siège sinistré disposait. Lorsque le feu se déclare à un moment où seule une partie du Staff (services directionnels et fonctionnels) se trouve disponible pour affronter la lutte, cela ne fait que rendre la situation plus critique. L'incident dont les auteurs discutent ici, concerne un gros incendie, qui ne peut être combattu et circonscrit par les moyens conventionnels de lutte appliquée au fond. L'article donne un compte rendu et discute des mesures de contrôle du feu et des interprétations données aux analyses de gaz prélevé, tout en se référant spécialement aux recherches effectuées au S.M.R.E., au cours des dernières années, dans le domaine des incendies du fond, avec de grandes quantités de combustibles.

IND. **F 63** Fiche n° **60.287**

U. ZEIDLER. Kohlenmonoxid-Mess- und Warnanlagen im deutschen Steinkohlenbergbau. *Appareils de mesure et avertisseurs d'oxyde de carbone dans les houillères allemandes.* — **Glückauf,** 1972, 31 août, p. 797/805, 6 fig.

La « Station d'essais pour la ventilation minière » de la Caisse Commune des charbonnages de Bochum conduit, depuis plusieurs années déjà, une enquête sur les instruments de télémesure du CO, en service dans les charbonnages ressortissant à l'Administration Générale des Mines de l'Etat Nord Rhénanie-Westfalie. En outre, la station dépouille et met à profit pour la Station de sauvetage d'Essen, les données expérimentales récoltées depuis plusieurs années, à l'occasion des interventions des équipes de lutte contre les incendies miniers. Les résultats permettent de constater que, grâce à la reconnaissance précoce des feux de mines au moyen des installations de télémesure et d'avertissement de CO, on a observé une rétrogradation substantielle du nombre des feux de mines ayant nécessité une intervention des sauveteurs de la centrale. L'auteur décrit un système télé-enregistré de surveillance et de contrôle de la ventilation en service au puits Friedrich Heinrich. Par ailleurs, il discute des problèmes d'organisation qui se posent, tant à la mise en œuvre qu'en ce qui est relatif à l'entretien, des appareils de télémesure. Au siège en question, à cette fin, on accorde une importance particulière au recyclage systématique des cadres de surveillance et du personnel ouvrier du fond, qui porte sur la ventilation, la protection contre les feux, la technique des explosifs. Pour conclure, l'article attire l'attention sur l'existence d'une publication des consignes, éditée par un cercle de travail, qui concerne l'utilisation des appareils de mesure en vue d'assurer une surveillance efficace et continue de la teneur en CO de l'aérage.

G. EPUISEMENT.

IND. **G 01** Fiche n° **60.292**

W. ZABBAN, T. FITHIAN et D.R. MANEVAL. Converting AMD to potable water by ion exchange treat-

ment. *La conversion des eaux acides de mines en eau potable par le traitement des échanges d'ions.* — **Coal Age**, 1972, juillet, p. 107/111, 3 fig.

La Pennsylvanie doit faire face à un double problème de manque d'eau potable et de pollution par les eaux de mines abandonnées. Le traitement de ces eaux par le procédé classique de neutralisation par la chaux et la soude, suivi de filtration et éventuellement addition de chlore, a été jugé insuffisant et on a choisi, après étude, le procédé par échange d'ions. L'article en donne la description détaillée et le mode d'application avec schéma explicatif de l'appareil de traitement. Les essais ont démontré que la méthode était d'application économique et fournissait une eau potable satisfaisante.

H. ENERGIE.

IND. **H 0** Fiche n° **60.421**

A. BUCH. Die Entwicklung des Energiebedarfs und seine Deckung. *Le développement des besoins en énergie et leur couverture.* — **Glückauf**, 1972, 14 septembre, p. 882/887, 6 fig.

Dans la couverture des besoins énergétiques du monde — et notamment de l'Allemagne de l'Ouest — on observe au cours des derniers temps l'apparition de certains «goulots» d'étranglement, qui sont conditionnés par la réduction des réserves d'énergie primaire et par une dépendance croissante vis-à-vis des importations de pétrole et de gaz naturel de l'étranger. Ces «goulots» ne peuvent se résorber que par une utilisation renforcée de matières premières indigènes et, pour ce qui concerne l'Allemagne, de la houille et du lignite. Parallèlement, la mise en œuvre des centrales nucléaires doit être accélérée et envisagée sur une plus grande échelle. Le Gouvernement déclare n'être pas à même de tenir l'engagement d'honorer simultanément ces deux tendances du développement. A cette obligation ressortissent la formation professionnelle renforcée des mineurs et le soutien financier des charbonnages, lors du développement d'une automatisation croissante de ses méthodes d'exploitation. En particulier, on souhaite que l'accent soit mis sur la nécessité de fonder un institut central de coordination dont la tâche au cours des prochaines années serait: a) d'examiner d'une manière courante la planification élaborée pour l'établissement de centrales énergétiques supplémentaires, en accord avec le développement effectif; b) de corriger et d'harmoniser les divers intérêts en jeu avec la mise en œuvre de porteurs d'énergie primaire. Une telle coordination a été acceptée en France, et, aux U.S.A., le message du Président du 4 juin 1971 relançait les efforts des Etats dans le secteur énergétique en vue d'un nouveau programme national de l'énergie.

Biblio. : 8 réf.

J. AUTRES DEPENDANCES DE SURFACE.

IND. **J 18** Fiche n° **60.398**

J.M. LINK. Pipe wear in hydraulic transport of solids. *L'usure des tuyauteries dans le transport hydraulique des matières solides.* — **Mining Congress Journal**, 1972, juillet, p. 38/44, 7 fig.

L'auteur étudie les moyens de transport des matières solides, schlamms et autres par pipelines, appliqués dans de nombreuses installations. Il expose les résultats d'expériences effectuées notamment à la Colorado School of Mines, ce genre de transport étant plus un art qu'une science et relevant plus de l'empirisme que de la théorie. L'usure des tuyauteries joue naturellement un grand rôle dans l'économie du transport par pipe-lines et il importe de la mesurer aussi exactement que possible pour déterminer le genre de tuyauterie à adopter, la vitesse du courant et les autres caractéristiques de l'installation. Il existe deux méthodes à cet effet, qui sont décrites. La corrosion et l'érosion concourent à produire l'usure et celle-ci augmente exponentiellement avec la vitesse. Dans beaucoup de cas d'application, le courant montre des phénomènes de turbulence. En tout cas, l'étude du transport par pipe-lines est complexe et doit largement s'appuyer sur les données de l'expérience.

P. MAIN-D'ŒUVRE. SANTE. SECURITE. QUESTIONS SOCIALES.

IND. **P 10** Fiche n° **60.388**

R. CHASSANG. Les organismes de contrôle et la sécurité. — **Annales des Mines** (France), 1972, juillet, p. 65/72, 7 fig.

Le développement des règlements de sécurité suit inévitablement celui de la production et des techniques nouvelles. L'organisme de contrôle devient naturellement le conseiller des entreprises pour les problèmes qui en résultent. Connaissance approfondie des textes, présence périodique dans l'entreprise sont les bases de l'action de l'organisme de contrôle. Mais la sécurité commence dès la conception. A tous les stades : projet, construction, entretien, formation du personnel, l'organisme de contrôle peut intervenir efficacement. Il joue un rôle charnière entre l'Administration et l'entreprise et peut faciliter la tâche des Assurances, car il s'attache à protéger la sécurité des biens en même temps que celle des personnes.

Résumé de la revue.

IND. **P 14** Fiche n° **60.516**

M. DURAY. Veiligheid bij onderzoeken en werkzaamheden in putten, vergaarbakken, kuilen, kuipen, houders, tanks, ketels, ovens, enz. *Prescriptions légales concernant les mesures de sécurité à prendre pour accéder et travailler dans des puits, fosses, cuves, citernes, réservoirs, fourneaux, etc.* — **Extern,** 1972, octobre, p. 705/712.

Les prescriptions légales relatives à l'accès et à l'exécution de travaux dans les enceintes fermées contenant ou ayant contenu des matières dangereuses constituent des exigences minimales applicables à toutes les industries. Ces prescriptions légales constituent des exigences minimales et doivent être complétées si nécessaire « dans l'esprit de la loi », en vue d'assurer une sécurité maximale de l'homme et des installations et ceci aussi bien avant que pendant ou après l'accès ou les travaux à ces récipients. L'auteur du présent article montre comment les prescriptions réglementaires peuvent être appliquées et complétées dans le cas d'une industrie pétrochimique. D'autres industries y trouveront l'inspiration nécessaire en vue d'améliorer leur système de prescriptions en l'adaptant, bien entendu, à leur cas particulier.

Résumé de la revue.

IND. **P 15** Fiche n° **60.386**

J.L. BEFFA. Quelques aspects des règles de sécurité dans les installations pétrolières. — **Annales des Mines** (France), 1972, juillet, p. 47/55, 6 fig.

Les hydrocarbures représentent une part prépondérante de l'approvisionnement énergétique de la France. Leur traitement et leur distribution, assurés à partir de 23 raffineries et 350 dépôts importants, nécessitent des précautions qui méritent une attention vigilante de la part des professions concernées et justifient des mesures administratives strictes et précises. Mais l'auteur estime possible pour cette industrie l'objectif d'un haut niveau de sécurité, grâce à l'utilisation de techniques de raffinage et de stockage de plus en plus perfectionnées.

Résumé de la revue.

IND. **P 33** Fiche n° **60.289**

K.H. JAKOB. Lohngerechtigkeit und Leistungsmotivation durch neue Formen der Lohnfindung im Steinkohlenbergbau der Bundesrepublik. *Salaires équitables et motivation des rendements grâce à de nouvelles formes de la détermination des salaires dans les houillères de la République Fédérale d'Allemagne.* — **Glückauf,** 1972, 31 août, p. 815/821.

Dans l'économie sociale du marché de la main-d'œuvre de la République Fédérale d'Allemagne, les conditions de travail sont réglées, sur une grande échelle, par les partenaires sociaux; ceux-ci disposent d'une autonomie des tarifs. Dans les charbonnages de l'Allemagne de l'Ouest, depuis la mi-1971, de nouvelles ordonnances relatives aux salaires sont entrées en vigueur. Elles mettent fin à un système qui fut appliqué pendant plusieurs décennies et à la base duquel se trouvait la classification des travailleurs selon des catégories, établie surtout sur le degré de formation professionnelle. L'ordre salarial reconverti repose avant tout sur des points de vue modernes de l'appréciation du travail ou des activités et, pour sa mise en vigueur, on s'est assuré que, par rapport à la réglementation précédente, il ne handicapait financièrement aucun travailleur. Avec les nouvelles formes de productivité de la main-d'œuvre, l'exploitation minière s'est adaptée aux modifications de conditions créées par le progrès technique. Dans les tailles hautement mécanisées actuelles, l'ouvrier ne modifie plus la rémunération de son travail sur la base de la vitesse de son travail et de son habileté à la tâche mais, par contre, la mécanisation et l'organisation de la production contribuent pour une large part à la fixation du salaire. Cet état de fait incitait donc à des adaptations adéquates des formes de rémunération existantes, basées uniquement sur le rendement et motivant une appropriation de l'idée du rendement, dans le cadre d'un marché de libre concurrence de la main-d'œuvre, à caractère social.

IND. **P 53** Fiche n° **60.395**

J.K. SINHA. Electron microscopic studies of pneumoconiotic lungs. *Etudes au microscope électronique de poumons pneumoconiotiques.* — **Central Mining Research Station** (Dhanbad). Research Paper n° 52. Réf. API/52, 1971, août, 38 p., 21 fig.

Pour la première fois en Inde, la Station Centrale de Recherche Minière de Dhanbad procéda à une étude sur les particules submicroniques qui sont retenues dans les poumons des mineurs au cours de leur travail normal au fond. L'auteur décrit les méthodes qui furent appliquées au laboratoire de pollution du CMRS. Il donne un compte rendu des découvertes effectuées au cours des études, accompagné de discussions et illustré de micrographies électroniques et de compositions d'échantillons de poussières de charbon (soit pur ou prélevé dans l'air respirable).

Q. ETUDES D'ENSEMBLE.

IND. **Q 132** Fiche n° **60.412**

R. THAR. Der Erzbergbau Finnland. *L'exploitation des minerais métalliques en Finlande.* — **Glückauf,** 1972, 14 septembre, p. 843/852, 15 fig.

Conditionnée par une industrialisation croissante, l'industrie extractive des minerais métalliques de Finlande n'a cessé d'accuser au cours des dernières années un taux d'accroissement

constant. Du point de vue européen, son importance a trait au cuivre, nickel, zinc, cobalt, vanadium et ilménite. L'industrie minière finlandaise se trouve aux mains de deux sociétés statales (la Outokumpu Oy et la Rautarnukki Oy) et d'une société privée (la Myllikosken Paperitehdas Oy). La technique minière en usage dans la plupart des mines récentes occupe, sur le plan international, une situation remarquable, due surtout aux conditions favorables de gisement qui prévalent. Comme dans la plupart des mines métalliques modernes — tant souterraines qu'à ciel ouvert — on observe la tendance à recourir aux équipements sur pneus (foreuses, chargeuses, transporteurs, etc.). Dans les travaux de préparation, on creuse de plus en plus des plans inclinés au rocher et des galeries hélicoïdales. La majeure partie des gisements de minerais, en dressant, sont exploités généralement par la méthode d'exploitation par chambres et cloisons, avec longs trous de sonde. Dans les creusements de galeries, un grand recours est fait aux chariots de forage ainsi qu'aux chargeuses-transporteuses sur pneus, du type lourd. Pour le forage des mines, on emploie d'une manière quasi générale des perforateurs lourds (80 kg). L'explosif au nitrate ammonique/fuel oil est actuellement utilisé sur une grande échelle. Pour le transport, ce n'est que localement qu'on trouve des bandes. A noter qu'à l'heure présente, des essais de camions de fort tonnage sont en cours. L'auteur donne un compte rendu comportant de nombreuses données sur les conditions de gisement, les méthodes d'exploitation et les équipements des huit mines visitées.

Biblio. : 10 réf.

IND. **Q 132** Fiche n° **60.522**

SOCIETE INDUSTRIELLE ET MINIERE DE SEGRE. La mine de fer de Segré. — **Industrie Minérale,** 1972, août-septembre, p. 391/404, 14 fig.

1ère partie : La mine proprement dite : 1) Situation et gisement : composition du minerai; épontes, dureté du minerai. 2) Historique. 3) Méthode d'exploitation : A. Disposition générale de la chambre magasin. B. Accès à la chambre. C. Bouches de chargement. D. Abattage. E. Chargement. F. Creusement des cheminées d'accès aux chambres. G. Creusement des galeries de niveau. H. Réservoir pour le stockage de l'air comprimé au fond. *2e partie.* Préparation mécanique et enrichissement du minerai de fer. 1) Préparation mécanique et épierrage : 11. Concassage primaire et secondaire. 12. Criblage et concassage tertiaire. 13. Epierrage magnétique. 14. Bilan de l'épierrage magnétique. 15. Personnel. 2. Atelier de concentration. 3. Atelier de bouletage. 31. Alimentation de l'atelier de bouletage. 32. Circuit de bouletage. 33. Fours à cuve. 34. Extraction et stockage. 4. Contrôle.

IND. **Q 134** Fiche n° **60.294**

W.G. SCHULTZ. Sylvite of Canada : the world's most modern underground potash-mine. *Sylvite du Canada : la mine souterraine de potasse la plus moderne du monde.* — **Mining Engineering,** 1972, juillet, p. 72/81, 8 fig.

Remarquablement mécanisée et automatisée, la mine de potasse de Sylvite, Saskatchewan, Canada, peut extraire par heure 600 t, avec 7 hommes et un surveillant. La couche exploitée a 2,40 m d'épaisseur et est à peu près plate. On y emploie deux mineurs continus Marietta et deux convoyeurs extensibles Joy. Les panneaux de 1200 x 1200 m sont exploités par chambres parallèles de 20 m de largeur. La mine a deux puits de 4,80 m de diamètre bétonnés, distants de 150 m, un pour l'extraction et l'autre pour le personnel et le matériel. Ils sont munis de câbles-guides et de machines à friction montées sur tour. Le revêtement des puits, dans certaines parties où le terrain était aquifère, est formé de cuvelages en fonte, en tout 450 m dans les deux puits. On y a même employé la congélation et des injections de polyuréthane. L'article fournit une abondante documentation sur cette exploitation hautement modernisée.

R. RECHERCHES. DOCUMENTATION.

IND. **R 112** Fiche n° **60.385**

G. DELANNOY et J. DANGREAUX. Le Cerchar et la recherche de la sécurité. — **Annales des Mines** (France), 1972, juillet, p. 35/46, 7 fig.

Créé en 1947 par les Charbonnages de France, le Cerchar s'est développé rapidement pour atteindre un effectif de 700 personnes actuellement. On donne dans cet article les principaux résultats obtenus par ce laboratoire en matière de sécurité dans les domaines de recherche suivants où il joue le rôle de conseil de l'Administration : explosions, explosifs de mine, électricité, gisement et dégagement du grisou, aérage-grisoumétrie, silicose, pressions de terrains, machines de mine. Les résultats obtenus dans d'autres types de recherche — combustion, cokéfaction — sont brièvement évoqués.

Résumé de la revue.

IND. **R 116** Fiche n° **60.291**

J.J. SCOTT, R.L. MAROVELLI et J. VANCIK. Status report on the Bureau's fires and explosions program. *Rapport sur l'état d'avancement du programme du Bu-*

reau of Mines concernant les incendies et explosions. — **Coal Age,** 1972, juillet, p. 92/99, 4 fig.

En conformité avec de récentes dispositions légales américaines concernant les incendies et explosions, le Bureau of Mines a entrepris un programme d'études et de recherches en collaboration avec l'industrie minière. L'article expose les grandes lignes de ce programme et le détail de ses différentes parties. On y voit figurer l'étude du phénomène de l'ignition du grisou, causée soit par l'emploi des explosifs, soit par étincelle électrostatique, soit encore par friction. Le matériel antidéflagrant et les procédés d'extinction des ignitions au front de taille se rattachent à cette question. La propagation de la flamme fait aussi l'objet de recherches. Un tunnel expérimental de 48,90 m a été construit à Bruceton, muni de tous les appareils de mesure nécessaires pour l'observation des effets des explosions de gaz. A l'étude des moyens pratiques et efficaces d'éteindre les inflammations s'ajoute le problème d'isoler les exploitations abandonnées. Les principaux organismes européens préoccupés par les mêmes problèmes — notamment le SMRE, l'Iniex, le Cerchar et les organisations similaires d'Allemagne et de Pologne — ont été invités à participer à ce vaste programme de recherches intéressant la sécurité minière.

Bibliographie

J. LEFEVRE. L'air comprimé. Tome II : Utilisation. Edition J.B. Baillière, 19, rue Hautefeuille, Paris VI[e]. 724 pages, format 16 × 24, 374 figures, 25 tableaux, 50 exemples de calcul, TTC 125 F, frais d'envoi 5,35 F.

Cet ouvrage est destiné en premier lieu aux utilisateurs et installateurs de mécanismes et équipements pneumatiques. Il permettra aux possesseurs d'un réseau d'air comprimé de connaître les services variés qu'ils peuvent en attendre. Il aidera aussi les constructeurs de matériels pneumatiques à former leurs collaborateurs et leurs agents de vente. Les éléments théoriques qu'il contient sont d'un niveau accessible à tout ingénieur ou technicien, dans un domaine où la documentation récente est impartiale et rare.

L'importance du texte et de l'illustration résulte du souci d'établir un inventaire aussi complet que possible des divers emplois de l'air sous pression (ou accessoirement sous dépression) aussi bien dans les emplois traditionnels (marteaux pneumatiques, pistolets de peinture, perceuses, meuleuses et clés de serrage, équipements de garages) que pour des développements récents concernant, par exemple, les unités autonomes d'usinage, les coussins d'air, la fluidisation des pulvérulents, le transport en tubes non seulement du courrier, mais de corps isolés, l'automatisation, la logique et la régulation pneumatiques.

Les formules sont directement utilisables grâce à l'indication des unités, aussi bien dans le système légal MKS que dans le système traditionnel MK force S pour les lecteurs plus familiarisés avec celui-ci. Des exemples de calcul permettent de concrétiser l'application de ces formules.

Sommaire : I. Appareils à pression d'air – II. Appareils à jet d'air – III. Outils et machines à percussion – IV. Moteurs à air – V. L'air comprimé dans l'industrie.

Bekämpfung der Gebirgsschlaggefahr. Entwicklung von Betriebsverfahren 1963-1971. Lutte contre le danger des coups de terrain. Evolution des techniques entre 1963-1971. **Glückauf-Betriebsbücher.** Band 16. 76 p. 20 fig. Prix : 19,80 DM.

Ce travail fait le point des progrès accomplis au cours des dix dernières années dans le domaine de la lutte contre les coups de terrain (coups de toit). On est passé de l'observation passive des phénomènes à la prise de mesures actives : auparavant on se contentait de contourner des zones de pression potentiellement dangereuses ou de ne pas exploiter en premier lieu certaines parties de couches. On est actuellement en mesure de localiser les situations dangereuses et de les assainir en intervenant efficacement dans l'état de tension du massif.

On décrit les études scientifiques, les nouveautés techniques en la matière ainsi que les expériences acquises au fond. On peut citer un procédé éprouvé qui a déjà été largement utilisé : il s'agit des sondages de reconnaissance des situations dangereuses qui permettent de prendre des mesures de détente appropriées. On a ainsi réussi à prévenir des coups de terrain et à exploiter du charbon qui, en d'autres temps, aurait dû être abandonné. Dans d'autres cas, on n'a pas empêché les coups de terrain mais on les a tolérés ou même déclenchés jusqu'à un certain point, non dangereux pour le personnel. Pour cette raison, on en vient à distinguer entre coups de terrain « dangereux » et « inoffensifs ». Une classification supplémentaire des coups de terrain en fonction de leur amplitude est basée sur les dégâts enregistrés.

De plus, l'ouvrage aborde des influences géologiques et liées à l'exploitation et il traite des mesures sismiques, des tensions et des déformations qui sont susceptibles de compléter et de préciser les pronostics. Biblio : 38 réf.

John C. DAVIS. Statistics and data analysis in geology. Statistiques et analyse des informations en géologie. John Wiley and Sons, New York. 1973. 550 pages. Nombreuses figures et tableaux.

Au sommaire :

Chap. 1 - Introduction.

Chap. 2 - Calculatrices et programmation (équipement et langages de calcul, programmation FORTRAN, instructions générales d'entrée et de sortie, boucles DO, autres instructions générales FORTRAN).

Chap. 3 - Statistiques élémentaires (probabilité, statistiques, test t, F., analyse de variance, test 2, lectures choisies).

Chap. 4 - Algèbre matricielle (matrice, opérations élémentaires, multiplication, inversion et équations simultanées, transposition, déterminants, valeurs et vecteurs propres).

Chap. 5 - Analyse des séquences d'information (mesures géologiques en séquence, procédures d'interpola-

tion, tests-étapes, méthodes des moindres carrés et analyse de régression, corrélations, associations croisées, séries de Fourier, matrices de transition).

Chap. 6 - Analyses de cartes (cartes géologiques conventionnelles ou autres, distributions des points, levé des courbes de niveau, surfaces directionnelles à quatre dimensions, doubles séries de Fourier, cartes de comparaison).

Chap. 7 - Analyse des informations multivariantes (régression multiple, extensions multivariantes des statistiques élémentaires, fonctions discriminantes, analyse de groupe, analyse de facteur). Annexe - Index.

Communiqués

Conférence internationale sur l'Economie minière

Balatonfüred, Hongrie, 19-21 septembre 1973

Une Conférence internationale sur l'Economie minière est organisée à Balatonfüred, Hongrie, du 19 au 21 septembre 1973, à l'occasion du deux centième anniversaire de la publication de l'ouvrage de Christophe Traugott DELIUS, intitulé « Introduction à l'art minier. Théorie et pratique ».

Tous renseignements peuvent être obtenus à l'adresse ci-après :

1368 Budapest
Boîte postale 240 - Telex : MTESZ 22-5369.

International Postgraduate Course in Stone Technology

Haïfa, Israël, 30 juillet-30 septembre 1973

Ces cours sont organisés par Technion - Israël Institute of Technology.

Tous renseignements peuvent être obtenus à l'adresse ci-après :

Mr. Aryeh Freeman, Course Administrator,
Bureau for Academic Liaison,
Technion City, Haïfa, Israël.

Symposium international de l'I.B./C.C.

Bruxelles, 28 et 29 mars 1974

Le Symposium international de l'I.B./C.C., qui aura lieu à Bruxelles, les 28 et 29 mars 1974, traitera des sujets ci-après : « Production et consommation de plastifiants, anti-oxydants, catalyseurs, ignifuges, agents de polymérisation, stabilisants, pigments pour résines, plastiques et caoutchoucs en 1974-1979 ».

Trois cents spécialistes originaires de dix-huit pays sont attendus à cette manifestation.

Le programme peut être obtenu auprès de I.B./C.C. Administration, Nieuwelaan 65, B-1820 Strombeek (Belgique).

Journées Internationales d'Etude sur « Les centrales électriques modernes » organisées par l'A.I.M., Liège 1974.

L'Association des Ingénieurs Electriciens sortis de l'Institut Electrotechnique Montefiore (A.I.M.) organise à Liège, du 14 au 18 octobre 1974, ses 6mes Journées Internationales d'Etude sur « Les Centrales Electriques Modernes ».

Les séances de travail aborderont les thèmes suivants :

— Problèmes énergétiques d'approvisionnement et d'équipement
— Chaudières utilisant des combustibles fossiles
— Chaudières nucléaires
— Turbines et cycles thermodynamiques
— Centrales d'accumulation d'énergie
— Alternateurs et auxiliaires de centrale.

Les rapports présentés à ces Journées seront envoyés aux participants avant celles-ci; les discussions de séances feront l'objet d'une publication postérieure.

Les langues officielles des Journées sont le français, le néerlandais, l'allemand et l'anglais; la traduction simultanée vers ces quatre langues sera assurée.

Pour tous renseignements complémentaires, veuillez vous adresser au Secrétariat de l'A.I.M., rue Saint-Gilles 31, B-4000 Liège (Belgique) - tél. 04/32.29.46.

Journées d'Information sur « La technique du creusement » organisées par la C.E.E., Luxembourg, novembre 1973.

La Commission des Communautés Européennes annonce qu'elle organisera des journées d'information sur « La technique du creusement » du 28 au 30 novembre 1973 à Luxembourg.

Pour les 28 et 29 novembre, le programme prévoit une série d'exposés techniques, tandis que la journée du 30 novembre est réservée à deux tables rondes sur le creusement conventionnel et mécanisé.

Pour tout renseignement s'adresser à : Commission des Communautés Européennes, Direction Générale XIII, à l'attention de M. L. Emringer, 29, rue Aldringen, Luxembourg.

Imprimerie Robert LOUIS, s.p.r.l., rue Borrens 35-43, 1050 Bruxelles
Drukkerij Robert LOUIS, p.v.b.a., Borrensstraat 35-43, 1050 Brussel